

UNTERSUCHUNG DER CHEMISCHEN ZUSAMMENSETZUNG
UND METALLURGISCHEN STRUKTUR
EINER DENTALEN KOBALT-CHROM-LEGIERUNG
BEI WIEDERHOLTEM DREISSIGFACHEM VERGUSS

OTTO WALTER

1976



Digitized by the Internet Archive
in 2026



Aus der Abteilung für zahnärztliche Werkstoffkunde und
Technologie (Leiter: Prof. Dr. H. Marx) der Klinik und
Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

UNTERSUCHUNG DER CHEMISCHEN ZUSAMMENSETZUNG
UND METALLURGISCHEN STRUKTUR EINER DENTALEN
KOBALT - CHROM - LEGIERUNG BEI WIEDERHOLTEM
DREISSIGFACHEM VERGUSS

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen vorgelegt

von
Otto Walter
aus Bingen
Mainz 1976



Fachbereichsdekan : Prof. Dr. K. Fuhr
Referent : Prof. Dr. H. Marx
Korreferent : Prof. Dr. K. Fuhr
Tag der mündlichen Prüfung : 2.6.1976

Inhalt

Seitenzahl

1. Aufgabenstellung	5
2. Überblick über den derzeitigen Stand wissenschaftlicher Untersuchungen von Kobalt-Chrom-Legierungen	6
2.1. Entwicklung der Kobalt-Chrom-Legierungen	6
2.2. Die Verarbeitung der Kobalt-Chrom-Legierungen	6
2.3. Zusammensetzung und Eigenschaften der Legierungen	8
2.4. Das Gießen	8
2.4.1. Die gebräuchlichen Gußverfahren	8
2.4.2. Untersuchungsergebnisse beim Acetylen-Sauerstoff-Verfahren	9
2.4.3. Untersuchungsergebnisse beim Hochfrequenz-Induktions-Verfahren	10
2.5. Temperaturbehandlung	11
2.6. Kritik	11
3. Methoden der eigenen Untersuchung	13
3.1. Die ausgewählte Legierung und die Gußverfahren	13
3.2. Gußschema und Messungen	14
4. Die Herstellung der Prüfkörper	17
4.1. Prüfkörperform und Modellherstellung	17
4.2. Sockeln und Einbetten	17
4.3. Das Vorwärmen	19
4.4. Das Gießen	19
4.4.1. Das Acetylen-Sauerstoff-Verfahren	19
4.4.2. Das Hochfrequenz-Induktions-Verfahren mit der SAED Gußmaschine	19
4.5. Nachbehandlung der Proben	20
4.6. Herstellung der Schliffbilder	20
4.7. Die chemische Analyse	21

	Seitenzahl
5. Ergebnisse	23
5.1. Chemische Analyse	23
5.2. Schliffbilder	37
6. Diskussion der Ergebnisse	53
6.1. Chemische Analyse	53
6.2. Schliffbilder	56
6.2.1. Acetylen-Sauerstoff-Verfahren	56
6.2.2. Hochfrequenz-Induktions-Verfahren	57
7. Zusammenfassung	59
8. Literaturverzeichnis	60

1. AUFGABENSTELLUNG

In dieser experimentellen Untersuchung soll die Veränderung der chemischen Zusammensetzung und metallurgischen Struktur einer handelsüblichen Kobalt-Chrom-Legierung im Verlauf eines 30-fachen Wiedervergusses geprüft werden.

Das Gießen soll mit zwei praxisbezogenen Gußverfahren durchgeführt werden; Acetylen-Sauerstoff-Schmelzung und Guß mit Horizontal-Tiegel-Schleuder und Hochfrequenz-Induktions-Schmelzung und Guß mit der SAED Gußmaschine.

Diese Arbeit ist in Zusammenhang mit den bereits von STÖCKINGER (23) und KRÜTZFELD (16) vorgelegten Dissertationen über die Wiedervergießbarkeit von Kobalt-Chrom-Legierungen zu sehen.

2. ÜBERBLICK ÜBER DEN DERZEITIGEN STAND WISSENSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGEN VON KOBALT-CHROM-LEGIERUNGEN

2.1. Entwicklung der Kobalt-Chrom-Legierungen

Im Jahre 1907 wurden die Kobalt-Chrom-Legierungen von HAYNES (15) in den Vereinigten Staaten eingeführt. Bereits von ihm wurde festgestellt, daß Zusätze von Wolfram und Molybdän die Härte dieser Legierung steigern. Als Nachteil fand er eine erhöhte Sprödigkeit. In Deutschland untersuchte der Physiker Tammann, Göttingen, 1908 die Kobalt-Chrom-Legierungen und beschreibt ihre Sprödigkeit und Härte (10, 21). Das Vitallium wurde von 1929 - 1933 von PRANGE und ERDLE entwickelt (10). Neueste Produkte sind in ihren mechanischen Eigenschaften bei geringfügiger Zusammensetzungsänderung stark verbessert.

2.2. Die Verbreitung der Kobalt-Chrom-Legierungen

Breite Anwendung fanden die Kobalt-Chrom-Legierungen in der Zahnheilkunde durch die Einführung der Modell-Gußprothese von ROACH, KENNEDY und CUMMER. Die bis dahin verwendeten Goldlegierungen waren diesem neuen Werkstoff auf diesem Anwendungsgebiet klar unterlegen (10). Die gegossenen Gerüste aus Kobalt-Chrom hatten, wie LANE feststellte, bereits 1949 den fünffachen Anteil gegenüber Gold an der gesamten Modellguß-Herstellung (17). Mittlerweile dominieren die Kobalt-Chrom-Legierungen so stark, daß vom Goldmodellguß kaum noch die Rede ist.

2.3. Zusammensetzung und Eigenschaften der Kobalt-Chrom-Legierungen

Die modernen dentalen Kobalt-Chrom-Legierungen sind aus ca. 7 - 10 Elementen zusammengesetzt. Der Hauptanteil besteht

mit ca. 60 % aus Kobalt und mit ca. 30 % aus Chrom. Zusätze, die die Eigenschaften zum Teil erheblich ändern, sind Molybdän, Nickel, Eisen, Kohlenstoff, Silizium und manchmal Aluminium und Wolfram. Bestimmte Legierungen anglo-amerikanischer Herkunft zeigen einen teilweisen Ersatz des Kobalts durch Nickel. Die Korrosionsbeständigkeit und Gewebefreundlichkeit ist für alle Kobalt-Chrom-Legierungen charakteristisch. Desweiteren besitzen sie hervorragende mechanische Eigenschaften. Sie bieten sich mit ihrer geringen Viskosität der Schmelze geradezu als Gußlegierung an, da selbst grazilste Modellierungen ausfließen. Die physikalischen Eigenschaften entsprechen der unterschiedlichen Zusammensetzung von Kobalt-Chrom-Legierungen verschiedener Hersteller. Geringe Änderungen der Eigenschaften resultieren sowohl aus der industriellen Aufbereitung als auch aus den verarbeitungstechnischen Einflüssen im Dentallabor (9).

Zusammengefaßt nach ELBRECHT haben die in Deutschland üblichen Legierungen folgende Eigenschaften (10) :

Spezifisches Gewicht	8,0 - 8,4	p/cm ²
Schmelzintervall	1370 - 1426	°C
Streckgrenze	63 - 61	kp/mm ²
Zugfestigkeit	69 - 120	kp/mm ²
Brinellhärte	330 - 365	kp/mm ²
Dehnung	5 - 10	%
Elastizitätsmodul	ca. 19000	kp/mm ²

Die Zusatzelemente bewirken eine Kornverfeinerung, womit eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften erreicht wird. Durch diese Veredelung wird dem harten Material seine Sprödigkeit genommen. Mit einem Anteil von 5 % ist Molybdän an der Stabilisierung beteiligt. Die Umwandlung

in das raumzentrierte α -Gitter wird unterdrückt (20) und das Kornwachstum begrenzt (19). Kohlenstoff mit einem Gehalt bis 0,4 % bedingt als Karbidbildner eine Steigerung der Härte. Das Chromkarbid wird primär an den Korngrenzen ausgeschieden und verschlechtert damit das Aneinandergleiten der Einzelkörner. Diese Tatsache erklärt die hohe Härte.

Silizium, mit einem Anteil von bis zu 1 % bedingt eine geringere Viskosität der Schmelze und eine höhere Festigkeit der Legierung. Mangan, mit einem Anteil von 0,3 - 1 % wirkt als Desoxydationsmittel und steigert die Dehnbarkeit (10, 12) und hat nach QUINQUE auch einen Härteanstieg zur Folge (19).

Aluminium gilt als Desoxydationsmittel und Denitrierungsmittel. Es bewirkt Schutz vor Verzunderung und Erweiterung der α -Phase. Nickel bildet mit Eisen lückenlose Mischkristalle, verbessert die Durchhärtung, Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften und erweitert das γ -Gebiet.

2.4. Das Gießen

2.4.1. Die gebräuchlichen Gußverfahren

Die laborüblichen Schmelzverfahren sind:

1. Flammenschmelzung mit Acetylen-Sauerstoff-Brenner
2. Hochfrequenz-Induktions-Schmelzung

Bei beiden Verfahren erfolgt der Guß mit einer Horizontalschleuder. Im 1. Fall mit Federantrieb und im 2. Fall mit Motorantrieb. Das ältere und von der Investition her günstigere Verfahren ist die Acetylen-Sauerstoff-Schmelzung mit einem Gasbrenner,

der ein Acetylen-Sauerstoff-Gemisch verbrennt. Die Brenntemperaturen liegen weit über dem Schmelzintervall einer Kobalt-Chrom-Legierung. Bei richtiger Einstellung wirkt diese Flamme weder reduzierend noch oxydierend. Beim Induktionsschmelzen werden mit Hilfe hochfrequenter Wechselströme im Schmelzgut Wirbelströme erzeugt. Die Joule'sche Wärme, die dabei frei wird, bringt das Metall zum Schmelzen.

Die Gußauslösung wird bei den Hochfrequenz-Induktions-Maschinen entweder von Hand oder mit optischen Pyrometern gesteuert.

2.4.2. Untersuchungsergebnisse bei Acetylen-Sauerstoff-Verfahren

HARCOURT schreibt für die Acetylen-Sauerstoff-Schmelzung eine neutrale Flamme und einen Brennerabstand von 100 mm vor. Eine neutrale Flamme erhält man nach HARCOURT (11) mit einem Acetylendruck von 0,35 atü und einem Sauerstoffdruck von 1,75 atü. Bei Einhaltung dieser Vorschriften stellte er die geringsten Abweichungen der Güsse von den Originalgußwürfeln bezüglich Oberfläche, Porosität, Dendriten, Korngröße und Karbiden fest.

Kohlenstoffverlust und damit eine Härteeinbuße wurden von einer sauerstoffreichen Flamme verursacht, während Kohlenstoffanreicherung durch Überhitzung, langes Einwirken der Flamme auf die Schmelze oder acetylenreiche Flamme erreicht wurde; die Folge waren spröde und brüchige Güsse (9).

Das Erschmelzen mit Acetylen-Sauerstoff erfolgt im allgemeinen mit einem sogenannten Brausekopf-Brenner. Bei richtiger Einstellung können in der Rauschflamme ca. 5 mm lange blaugelbe Kerne beobachtet werden (24).

HARCOURT stellte in seiner Arbeit über das Wiedervergießen von Kobalt-Chrom-Legierungen mit dem Acetylen-Sauerstoff-Brenner folgendes fest (12) :

1. Bei allzuhäufigem Wiederverguß nehmen die Zugfestigkeit und Streckgrenze ab.
2. Anfängliche Unterschiede der Karbidformen werden mit steigender Gußzahl größer.
3. Der Gehalt an Silizium und Mangan nimmt ab.

2.4.3. Untersuchungsergebnisse beim Hochfrequenz-Induktions-Verfahren

Bei temperaturkontrolliertem Hochfrequenz-Induktionsguß sollen nach CARTER und KIDD niedrigere Guß- und Muffeltemperaturen glattere Oberflächen sowie einen Anstieg der Zugfestigkeit bedingen, bei gleichzeitig erhöhter Kontraktion (5, 6).

ASGAR und PEYTON wiederum fanden bei höheren Gußtemperaturen schlechtere Oberflächen und intermetallische Strukturen sowie größere Werte für die Dehnung (4).

Bei der Wiederholung seiner Arbeit über die Wiedervergießbarkeit von Kobalt-Chrom-Legierungen, jetzt mit Hilfe des Hochfrequenz-Induktions-Verfahrens, stellte HARCOURT gegenüber dem Acetylen-Sauerstoff-Verfahren eine geringfügige Verbesserung der metallurgischen Eigenschaften fest. Die Anwendung von Schutzgasen über der Schmelze erreichte eine weitere Verbesserung der Meßwerte.

Die Zugfestigkeit, Streckgrenze und Dehnung waren nach dem zwölften Induktionsguß etwas höher als beim ersten Guß, während bis zum neunten Guß nur die Dehnung gestiegen war, bei geringem Absinken von Zugfestigkeit und Streckgrenze (12, 14).

2.5. Temperaturbehandlung

Untersuchungen von EBERSBACH, GEHRE und LECKERT an drei Kobalt-Chrom-Legierungen auf Zugfestigkeit, Härte und Struktur nach Abschrecken von 700 - 800 °C oder einstündiger Abkühlung ergaben keine auffälligen Unterschiede. Das mitgeschriebene Temperatur-Zeit-Diagramm sagt allerdings aus, daß beim Abschrecken der Abkühlungsvorgang ca. 2 - 3 Minuten verzögert wird, da die Einbettmasse als Isolator wirkt (9).

Demgegenüber fand HARCOURT, daß nach Abschrecken die Zugfestigkeit abnimmt, die Dehnung aber ansteigt. Nach langsamem Abkühlen während 24 Stunden im Ofen konnte höhere Zugfestigkeit bei geringerer Dehnung nachgewiesen werden. Die Korngröße ist in allen Fällen gleich (13).

2.6. Kritik

ASGAR und PEYTON (4), CARTER und KIDD (5, 6) und HARCOURT (12, 14) verarbeiteten Legierungen mit einem Nickelanteil von 0,3 - 2,5 %. Vergleiche mit unseren nickelfreien Legierungen erscheinen möglich. Die direkte Übertragung der Ergebnisse dieser Autoren ist jedoch nicht zulässig. Begründungen für Gußtemperaturen und Temperaturangaben über Schmelzintervalle fehlen zum Teil oder sind nicht auf unsere Legierungen anwendbar.

Bisher ist eine objektive Beurteilung der Mikrostruktur nicht möglich, trotz der neuerdings auf dem Markt befindlichen elektronischen Geräte zur vollautomatischen Gefügebildauswertung. Ihr Preis ist für eine allgemeine Anwendung noch zu hoch. Man müßte daher ein Schema im Sinne der Gefügerichtreihen nach DIERGARTEN für Kobalt-Chrom-Legierungen anfertigen (8). Hiermit wäre die Möglichkeit gegeben, die Mikrostruktur einwandfrei zu charakterisieren und sinnvolle Vergleiche zu erstellen.

Bereits von STÖCKINGER (23) und KRÜTZFELD(16) wurde der Versuch einer solchen Charakterisierung unternommen. Dabei waren die Verunreinigungen in jedem Schliff kleiner als die dort angegebene Wertzahl 1.02.1 . Es traten also die kleinsten Formen der Verunreinigungen in Form von spröden Oxydschlacken in der "aufgelösten Form" auf (16).

KRÜTZFELD (16) konnte in vergleichenden Untersuchungen feststellen, daß weder ein zehnmaliges Wiedervergießen, noch eines der drei angewandten Gußverfahren (Acetylen-Sauerstoff-, SAED-,AUSTENALverfahren) die Dehnung, die Bruchspannung und den Elastizitätsmodul zweier dentaler Kobalt-Chrom-Legierungen (Wironit, Vitallium) grundlegend beeinflussen.

Durch chemische Analyse konnte STÖCKINGER (23) zeigen, daß die Zusammensetzung von Wironit und Vitallium durch häufiges Erschmelzen beeinflußt werden. Mikrostruktur und Zusammensetzung waren auffällig verändert.

Die Aussagen über Mikrostruktur und Härte widersprechen sich in den Arbeiten von KRÜTZFELD (16) und STÖCKINGER (23). MARX (18) führt den Unterschied dieser Ergebnisse auf die unterschiedlichen Härteprüfverfahren von ROCKWELL und VICKERS zurück, da der Vergleich zweier so unterschiedlicher Verfahren problematisch ist. Zum andern aber auch dürfte die unterschiedliche Dimension der verwendeten Prüfkörper und ihre spezielle Herstellung eine Rolle spielen.

3. METHODEN DER EIGENEN UNTERSUCHUNG

3.1. Die ausgewählte Legierung und die Gußverfahren STÖCKINGER (23) und KRÜTZFELD (16) konnten nachweisen, daß sich die zwei untersuchten dentalen Kobalt-Chrom-Legierungen (Wironit und Vitallium) bei mehrfachem Wiederverguß gleichartig verändern. Aus diesem Grund konnte auf eine vergleichende Untersuchung verzichtet werden. Da Wironit ein repräsentativer Vertreter der dentalen Kobalt-Chrom-Legierungen ist, kam er zur Anwendung.

Tab.1 Zusammensetzung von Wironit nach KRÜTZFELD (16)

Angaben in %

Co	Cr	Mo	Si	C	Fe	Mn	Al
64,4	27,7	5,1	0,7	0,4	1,1	0,3	0,3

Tab.2 Eigenschaften von Wironit (hart) nach Angabe des Herstellers

Schmelz- punkt (°C)	Brinell- härte (kp/mm ²)	Zugfestig- keit (kp/mm ²)	Spez. Gewicht (p/cm ³)	E-Modul (kp/mm ²)
1370	350	90,1	8,2	21600

Zwei in Dentallaboratorien übliche Gußverfahren fanden Anwendung:

1. Flammenschmelzung mit Acetylen-Sauerstoff und Guß mit einer Horizontal-Tiegelschleuder
2. Hochfrequenz-Induktionsschmelzung und Guß mit der SAED Gußmaschine.

3.2. Gußschema und Messungen

Um die chemischen und metallurgischen Veränderungen im Verlauf von 30-fachem Wiederverguß festzustellen war es notwendig, den ersten, fünften, zehnten, fünfzehnten, zwanzigsten, fünfundzwanzigsten und dreißigsten Guß zu prüfen. Daraus ergeben sich pro Gußverfahren 7, also insgesamt 14 Prüfkörper. Sowohl für die chemische als auch für die metallographische Untersuchung konnten die gleichen Prüfkörper Verwendung finden.

Beim Acetylen-Sauerstoff-Verfahren ergab sich durch das Tiegelfassungsvermögen eine Ausgangsmenge von 80 Gramm. Da aber der Prüfkörperentzug bereits 105 Gramm ausmachte, mußte mit zwei Serien von jeweils 80 Gramm begonnen werden. Siehe Gußschema 1.

Das SAED-Verfahren war mit wesentlich größeren Gußverlusten behaftet. Die Höchstmenge, die noch einwandfrei geschleudert werden konnte, betrug ca. 100 Gramm. Davon ausgehend und unter Berücksichtigung eines Verlustes von bis zu 4 Gramm/Guß, der hauptsächlich dadurch zustande kam, daß ein Teil der Schmelze beim Schleudervorgang an der verfahrensbedingt kalten Tiegelwand erstarrte, mußte hier mit fünf Serien begonnen werden. Siehe Gußschema 2.

Gußschema 1 beim Acetylen-Sauerstoff-Verfahren

Guß Nr.	Serie 1 (g)	Serie 2 (g)
Anfangsmenge	80	80
1	64 + P	79
5	60	60 + P
10	40 + P	55
15	35	35 + P
20	50 + P	
25	30 + P	
30	10 + P	

P bedeutet Prüfkörperentzug

Gußschema 2 beim Hochfrequenz-Induktions-Verfahren

Guß	Serie 1 (g)	Serie 2 (g)	Serie 3 (g)	Serie 4 (g)	Serie 5 (g)
Ausgangs- menge	100	100	100	100	100
1	81 + P	96	96	96	96
5	65	65 + P	80	80	80
10	45	45	45 + P	60	60
15	25	25	25	25 + P	40
		75		65	
20		40 + P		45	
			85		
25			50 + P		
30			15 + P		

P bedeutet Prüfkörperentzug

Die erhaltenen 14 Prüfkörper wurden für die metallographische und spätere chemische Prüfung vorbereitet.

4. DIE HERSTELLUNG DER PRÜFKÖRPER

4.1. Prüfkörperform und Modellherstellung

Die Prüfkörperform war durch die Kassettenöffnung des verwendeten Röntgen-Quantometers ARL 72000 bestimmt. Es mußte eine Scheibe mit 32 mm Durchmesser und ca. 2 mm Dicke sein. Die Prüfkörperform war insofern als günstig zu betrachten, da sie in der Größenordnung eines dentalen Modellgusses lag und von ihrer Form her ein lunkerfreies Gießen möglich machte.

Das Modell des Prüfkörpers wurde aus rückstandslos verbrennendem Gußwachs der Firma Renfert gestanzt.

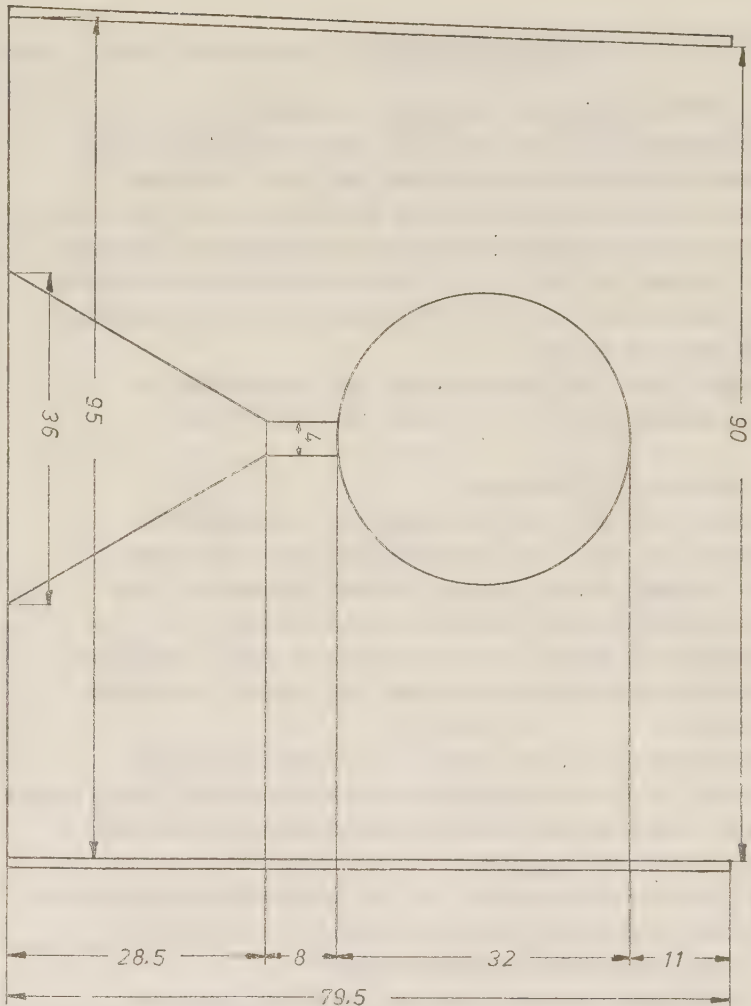
4.2. Sockeln und Einbetten

Die Modelle wurden, wie in Abbildung 1 ersichtlich, gesockelt. Es fand der große Muffelformer der Firma Herbst, Bremer Goldschlägerei Bremen Verwendung. Der konische Muffelformer besteht aus Kunststoff. Der herausnehmbare Boden ist aus Hartgummi. Der Platzhalter für den späteren Gußtrichter war aus Silicon-Kautschuk gefertigt.

Als Einbettmasse diente REMA P der Firma DENTAURUM, Pforzheim. Diese schnellhärtende silikathaltige Einbettmasse für den Kobalt-Chrom-Modellguß wurde entsprechend den Herstellerangaben angemischt. 800 Gramm Pulver wurden mit 112 ml destilliertem Wasser in der VACU-WESTOR-Kombination der Firma WHIP-MIX 60 Sekunden angerührt. Diese Menge entsprach gerade einer Muffelfüllung.

Die Einbettmasse wurde in den Muffelformer gegossen und sofort einem Druck von 4 atü ausgesetzt. Dieser wirkte etwa 10 Minuten bis zur Erhärtung der Masse. Durch den Überdruck konnten eventuell vorhandene Blasen

Abb. 1 Prüfkörper gesockelt zum
Einbetten mit Muffelformer



M 2:1

Maße in
mm

durch Verkleinerung vom Gußobjekt abgezogen werden. Nach ca. 30 Minuten wurde der Muffelformer entfernt.

4.3. Das Vorwärmen

In den kalten Trockenofen gestellt, konnten die Muffeln innerhalb einer Stunde auf 250 °C erwärmt werden. Der größte Teil des Wachses wird bei diesem Vorgang mit dem Wasser ausgetrieben. In dem ebenfalls 250 °C warmen Vorwärmofen erfolgte innerhalb 90 Minuten eine Erwärmung auf 1000 °C. Die maximale Expansion der Einbettmasse ist erreicht. 30 Minuten wirkte diese Temperatur auf die Muffeln bevor gegossen werden konnte.

4.4. Das Gießen

4.4.1. Das Acetylen-Sauerstoff-Verfahren

Das Schmelzen mit offener Flamme und Gießen mit federgespannter Schleuder stellt das herkömmliche Verfahren für den Kobalt-Chrom-Modellguß dar. Der DRAEGER-Brausekopfbrenner brannte mit einem Sauerstoffdruck von 2 atü und einem Acetylendruck von 0,4 atü. Die Richtlinien von HARCOURT (11) wurden eingehalten; der Brenner schmolz das Metall in einem Abstand von 100 mm.

Als Gußvorrichtung diente eine DEGUSSA-Tiegelschleuder mit Handauslösung. Die Auslösung fand statt bei zusammengefallenem Schmelzgut und Eindellbarkeit durch den Flammendruck. Die Oxydhaut blieb unverletzt. Die frisch gegossenen Muffeln kühlten zugluftgeschützt ab.

4.4.2. Das Hochfrequenz-Induktions-Verfahren mit der SAED-Gußmaschine

Das Schmelzen des Metalls erfolgt hierbei durch hochfrequente Wechselströme. Ein Generator erzeugt die Ströme, die in einer

wassergekühlten Spule fließen. Sie umgibt den Schmelztiegel. Das Schmelzen erfolgt durch die Joul'sche Wärme, welche die induzierten Wirbelströme im Schmelzgut abgeben (1). Der Schmelzvorgang wird durch Blauglas beobachtet. In ca. 50 Sekunden ist das Schmelzgut unter einer gemeinsamen Oxydschicht zusammengefallen. Im Verlauf von wenigen Sekunden steigt die Transparenz der Schmelze vom Rande her. Sind die Umrisse der Metallstücke nicht mehr erkennbar, wird sofort gegossen. Die Schleuder wurde 10 Sekunden vom Motor angetrieben und lief dann frei aus.

4.5. Nachbehandlung der Proben

Nach grober Entfernung der Einbettmasse wurden die Prüfkörper automatisch sandgestrahlt. Ein Schnellschleifer mit Karborundscheibe trennte unter Kühlung die Gußkanäle ab. Die so behandelten Proben wurden in den schnellhärtenden Kunststoff Trayresin der Firma Caulk eingebettet und stufenweise auf Körnung 220 angeschliffen. In dieser Form standen sie für die chemische Untersuchung zur Verfügung.

4.6. Herstellung der Schliffbilder

Nach der chemischen Prüfung wurden die Proben in einen Bakelitzyylinder von 2 cm Höhe und 4 cm Durchmesser eingepreßt und mit Naßschleifpapier der Körnung 400 und 600 vorpoliert und mit Diamantpasten der Körnung 7 und 1-3 nachpoliert. Die Ätzung der Schliffe erfolgte mit der von SCHRÖDER (22) angegebenen Ätzlösung Fe 19 zur Entwicklung des Kleingefüges, der sogenannten V_2A -Beize.

Die photographische Darstellung erfolgte in 50-, 200-, 500- und 1000-facher Vergrößerung. ^{x)}

4.7. Die chemische Analyse

Für die Bestimmung der Zusammensetzung der zu untersuchenden Legierung standen zwei Verfahren zur Wahl:

1) Die naßchemische Analyse

2) Die Spektralanalyse

Erstgenanntes Verfahren kam nicht in Betracht, da der Legierungsverbrauch pro Analyse zu hoch wäre (Siehe 3.2.).

Der Prüfkörper für die Spektralanalyse konnte gut hergestellt werden (siehe 4.1.) und lag in seiner Größe als auch in seinem Gewicht in den üblichen Dimensionen einer Einstückgußprothese.

Die chemische Untersuchung wurde mit einem Röntgenquantometer vorgenommen. Die Quantometrie ist ein physikalisches Analyseverfahren zur Bestimmung der Konzentrationen chemischer Elemente. Ihrem Arbeitsprinzip nach ist Quantometrie elektronisch ausgewertete Spektralanalyse.

Verwendung fand das Röntgenquantometer 72000 der Applied Research Laboratories, Lausanne, Schweiz. In diesem Gerät wird die Probe von der Röntgenröhre bestrahlt und sendet ihrerseits charakteristische Fluoreszenzstrahlung der sie aufbauenden Atome aus. Gleichzeitig wird auch der externe Standart bestrahlt; seine Emission besteht aus gestreuter Primärstrahlung und der Fluoreszenzstrahlung seines Materials.

^{x)} Mein Dank gilt Frau Rech und Herrn Dr. Koch von der Materialprüfanstalt Darmstadt, Abteilung für Metallographie, für die Herstellung der Schliffbilder.

Monochromatoren, von denen jeder auf eine bestimmte Elementlinie fest eingestellt ist, empfangen gleichzeitig die Strahlung der Probe; im Zählrohr jedes Monochromators entsteht ein Signal, das ein Maß für die Konzentration des betreffenden Elements ist. Die Strahlung des externen Standards geht direkt auf ein Zählrohr, dessen Signal als Bezugsgröße dient. Mit den Zählrohrimpulsen werden während einer gewissen Zeit Kondensatoren (Integratoren) aufgeladen. Am Ende der Integrationszeit liegen an den Integratoren Spannungen, die über den Verstärker auf das Digitalvoltmeter gehen. Die Integrationszeit wird so begrenzt, daß man auf konstante Anregungsenergie im externen Standard integriert, wodurch Schwankungen in der Primärstrahlung ausgeglichen werden. Die Anzeige am Voltmeter ist nun ein Maß für die Konzentration des betreffenden Elements (2).

Mein Dank gilt Herrn Dr. Rademacher von den Edelstahlwerken in Witten für die Durchführung der chemischen Analyse.

5. ERGEBNISSE

5.1. Chemische Analyse

Die Ergebnisse der chemischen Analyse sind in Tabelle 3 für das Acetylen-Sauerstoff-Verfahren und in Tabelle 4 für das SAED-Verfahren aufgeführt. Für beide Gußverfahren wurden die prozentualen und absoluten Änderungen der einzelnen Elemente errechnet und ebenfalls in Tabelle 3 bzw. Tabelle 4 aufgeführt. Zur Verdeutlichung der Ergebnisse wurden die Konzentrationen der Elemente im Laufe des Wiedervergusses graphisch dargestellt (Abbildung 2 - 11). Bei der Beurteilung der Einzeldarstellungen ist zu berücksichtigen, daß die Zunahme einzelner Elemente nur relativ zu sehen ist und nur dadurch zustande kommt, daß andere Elemente verlorengehen, weshalb die Ergebnisse nur im Zusammenhang zu bewerten sind.

Tabelle 3

Chemische Zusammensetzung von Wironit beim Acetylen-Sauerstoff-Verfahren

Charge Nr. 1192

Guß	Al	Mn	C	Si	Cr
1	0,05	0,25	0,41	0,55	27,32
5	0,01	0,06	0,39	0,40	24,76
10	0,01	0,03	0,40	0,34	22,77
15	0,01	0,05	0,39	0,35	23,44
20	0,01	0,02	0,40	0,32	21,49
25	0,01	0,02	0,35	0,30	21,40
30	0,01	0,01	0,33	0,32	20,90
prozentuale Änderung	-80%	-96%	-19,51%	-41,82%	-23,5%

absolute Änderung	-0,04	-0,24	-0,08	-0,23	-6,42
----------------------	-------	-------	-------	-------	-------

Guß	S	Ni	Fe	Mo	Co
1	0,006	0,01	0,11	5,14	65,94
5	0,009	0,01	0,12	5,34	68,89
10	0,009	0,03	0,13	5,40	70,80
15	0,009	0,03	0,12	5,32	70,47
20	0,007	0,03	0,12	5,39	72,09
25	0,007	0,16	0,28	5,39	72,00
30	0,006	0,15	0,28	5,52	72,22

prozentuale Änderung	± 0	+1400%	+154%	+7,38%	+8,52%
-------------------------	-----	--------	-------	--------	--------

absolute Änderung	± 0	+0,14	+0,17	+0,38	+6,28
----------------------	-----	-------	-------	-------	-------

Tabelle 4

Chemische Zusammensetzung von Wironit beim SAED-Verfahren (%)

Charge Nr. 1192

Guß	Al	Mn	Si	Cr
1	0,04	0,27	0,59	27,53
5	0,01	0,13	0,37	26,23
10	0,01	0,11	0,40	25,64
15	0,01	0,06	0,42	25,07
20	0,01	0,04	0,41	25,11
25	0,01	0,02	0,40	24,52
30	0,01	0,02	0,40	24,00

prozentuale

Änderung -75% -92,6% -32,3% -12,1%

absolute

Änderung -0,03 -0,25 -0,19 -3,33

Guß	S	Ni	Fe	C	Mo	Co
1	0,007	0,01	0,10	0,35	5,03	66,44
5	0,009	0,01	0,11	0,38	5,25	67,28
10	0,008	0,01	0,11	0,36	5,26	68,12
15	0,008	0,03	0,13	0,38	5,26	68,70
20	0,009	0,16	0,28	0,45	5,31	68,30
25	0,009	0,16	0,29	0,46	5,41	68,86
30	0,009	0,14	0,31	0,46	5,33	69,26

prozentuale

Änderung +28,57% +1300% +210% +31,4% +5,96% +4,24%

absolute

Änderung +0,002 +0,13 +0,21 +0,11 +0,30 +2,82

Tabelle 5

Schmelzpunkt, Siedepunkt und Dampfdruck der Legierungselemente von Wironit

	F ⁰ C	S °C	S - F	°C 100 Torr
Co	1493	2880	1387	2430
Cr	1830	2300	470	2190
Mo	2620	4800	2180	2190
Si	1423	2355	932	2260
C	3800	?	?	3580
Mn	1244	2620	1376	1795
Fe	1536	3070	1534	2400
Al	659	2447	1788	2110
Ni	1455	2800	1345	2370

Tabelle 6

Zunahmeraten aller angereicherten Elemente im Vergleich zur theoretischen Zunahmerate (Acetylen-Sauerstoff).

Element	Anteil 1. Guß (%)	Anteil 30. Guß (%)	theoret. Anteil (%)	f = $\frac{\text{Anteil 30. Guß}}{\text{theor. Anteil}}$ (%)
S	0,006	0,006	0,006	1,0
Ni	0,01	0,15	0,01	15,0
Fe	0,11	0,28	0,12	2,33
Mo	5,14	5,52	5,65	0,98
Co	65,94	72,22	72,43	0,997

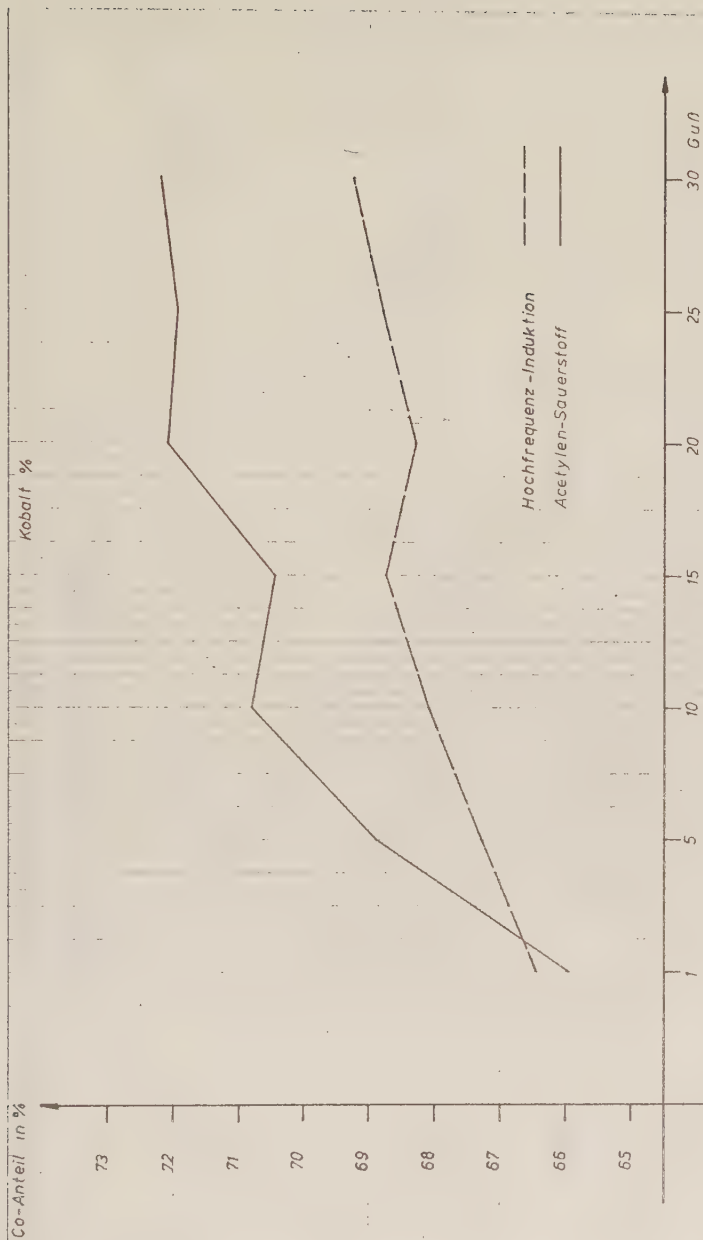


Abb.2 Veränderung der Kobaltkonzentration (%) bei steigender Gußzahl, beim Hochfrequenz-Induktions- u. Acetylen-Sauerstoffverfahren

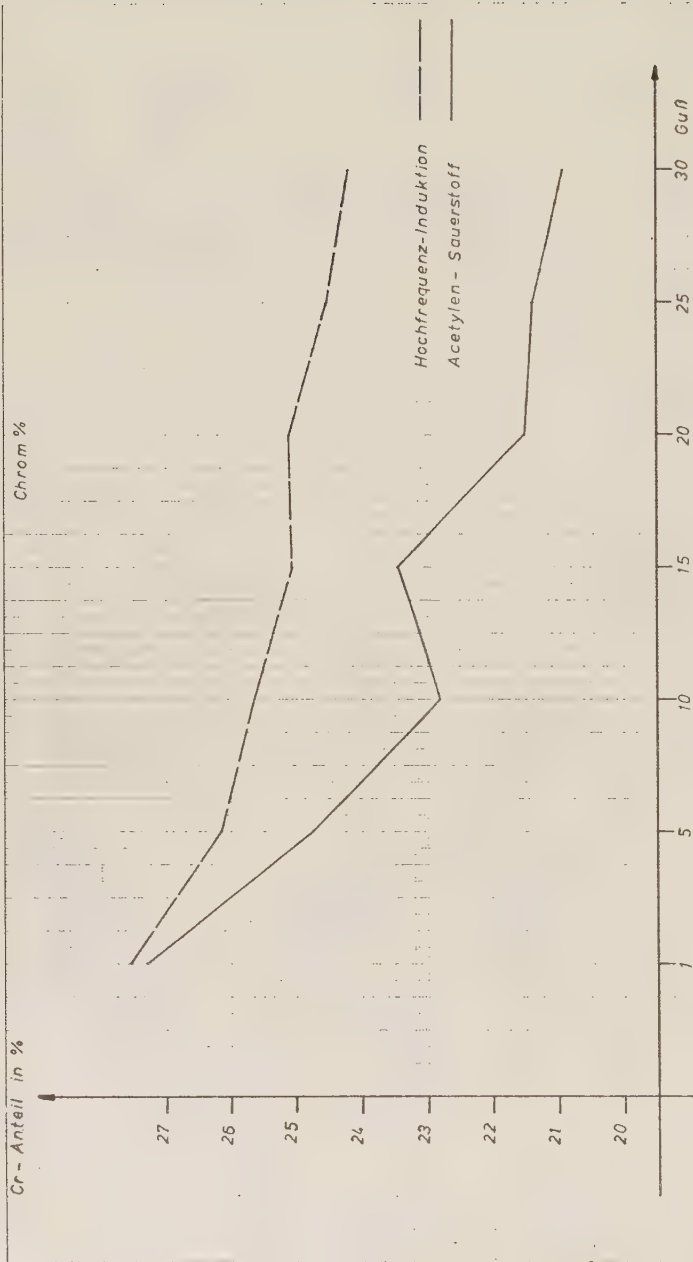


Abb. 3 Veränderung der Chromkonzentration (%) bei steigender Gußzahl, beim Hochfrequenz-Induktions- u. Acetylen-Sauerstoffverfahren

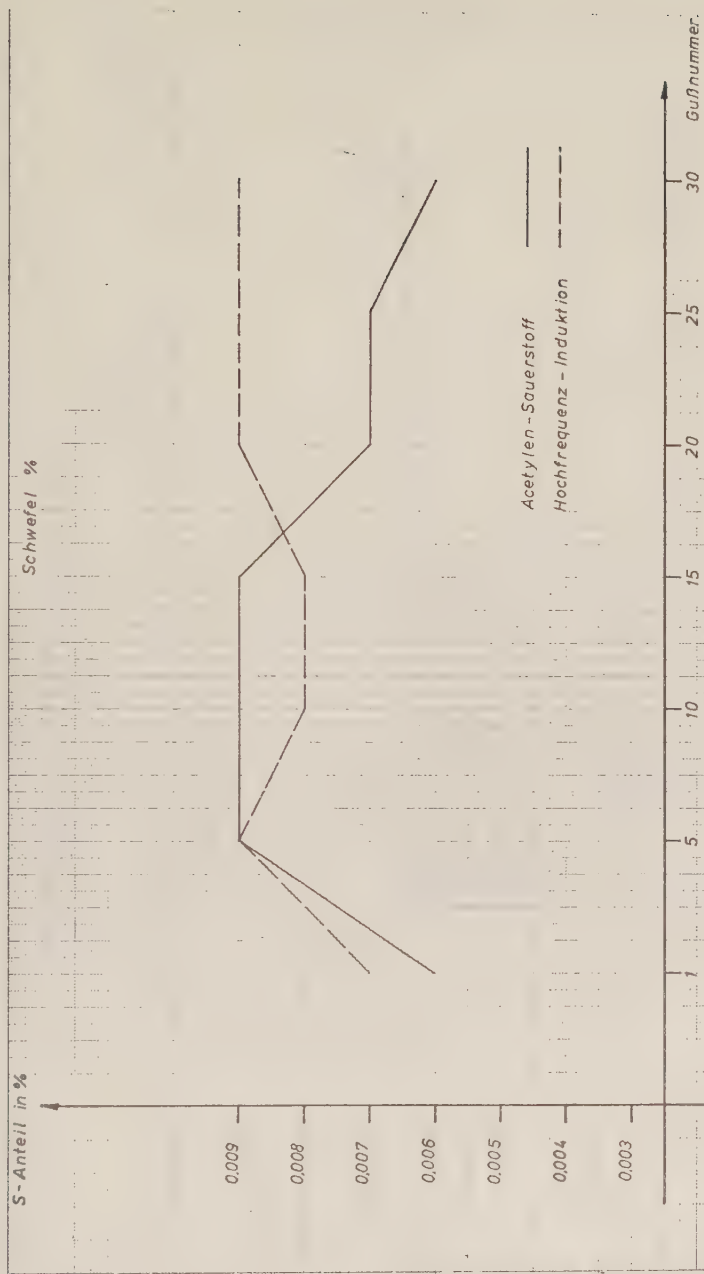


Abb. 4 Veränderung der Schwefelkonzentration (%) bei steigender Gußzahl, beim Hochfrequenz-Induktions- u. Acetyleneauerstoffverfahren

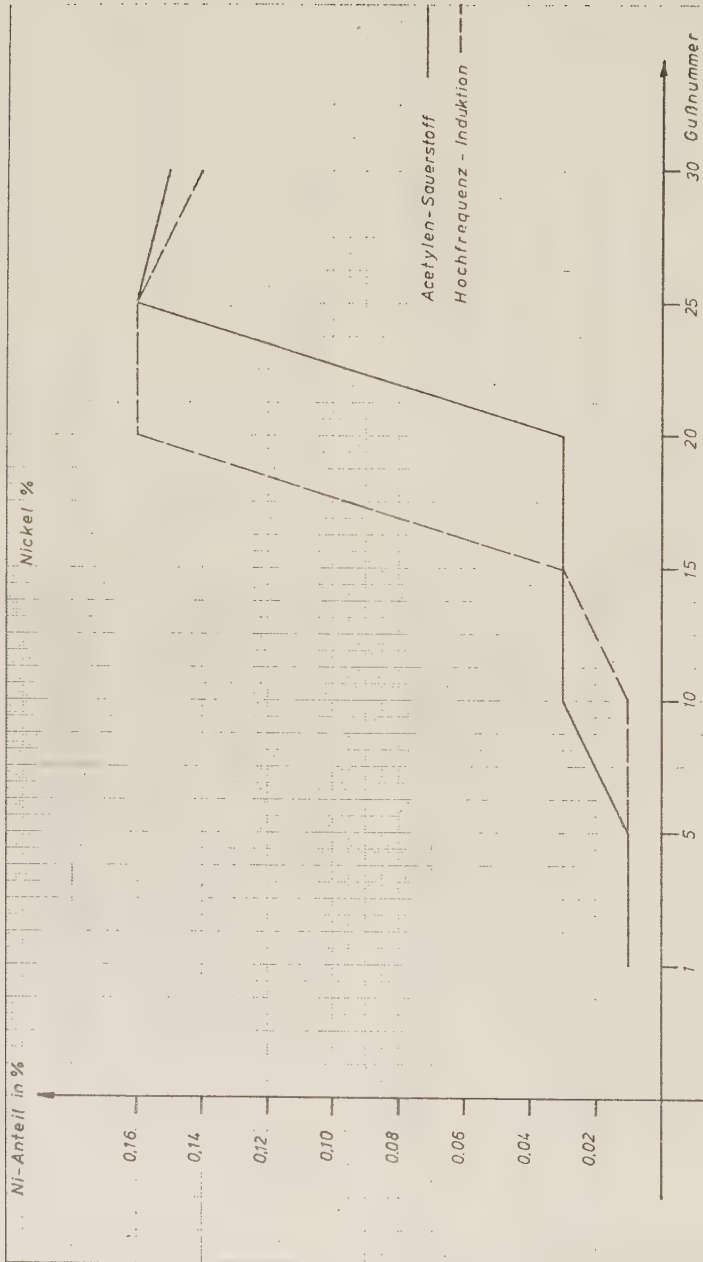


Abb. 5 Veränderung der Nickelkonzentration (%) bei steigender Gußzahl, beim Hochfrequenzinduktions- u. Acetylen-sauerstoffverfahren

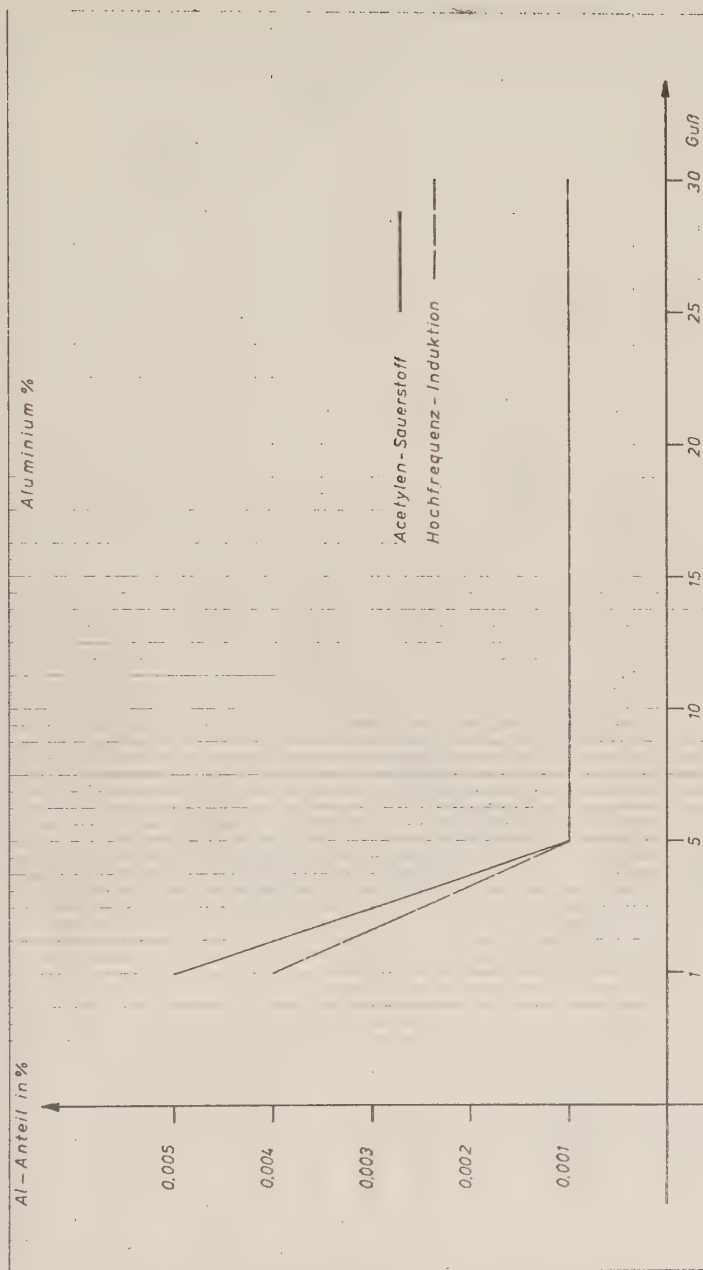


Abb. 5 Veränderung der Aluminiumkonzentration (%) bei steigender Gußzahl, beim Hochfrequenzinduktions- u. Acetylensauerstoffverfahren

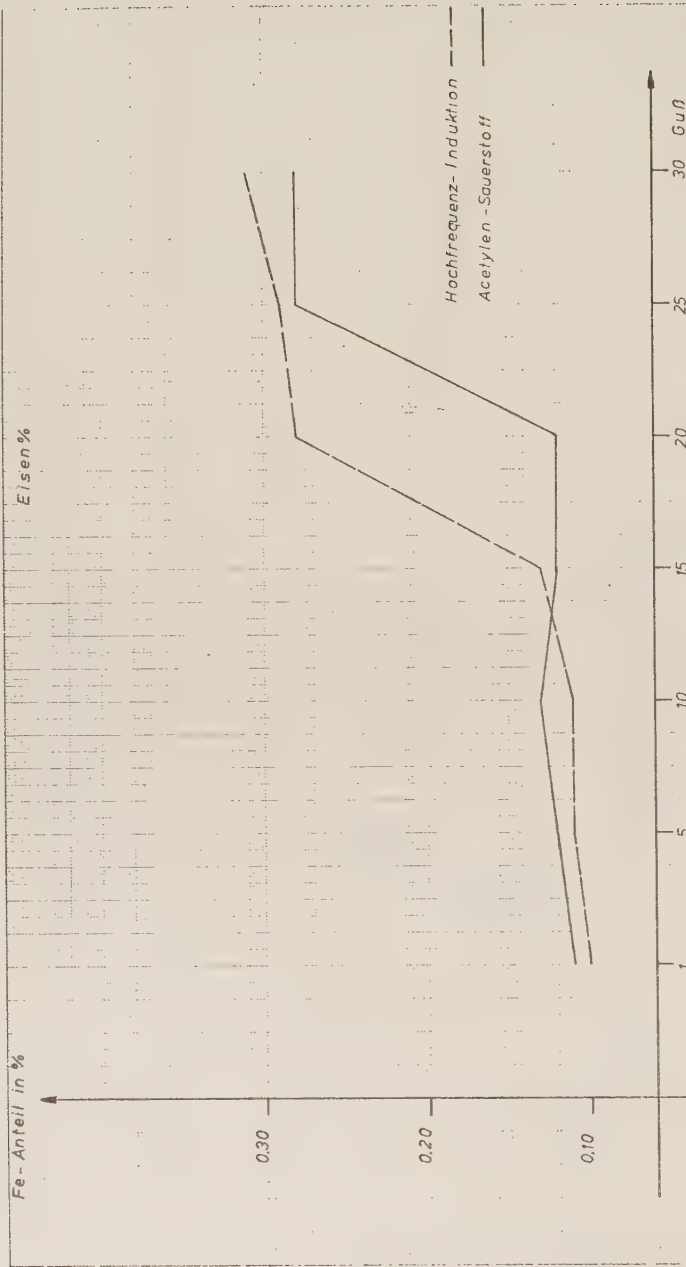


Abb. 7 Veränderung der Eisenkonzentration(%) bei steigender Gußzahl, beim Hochfrequenzinduktions- u. Acetylensäuerstoffverfahren

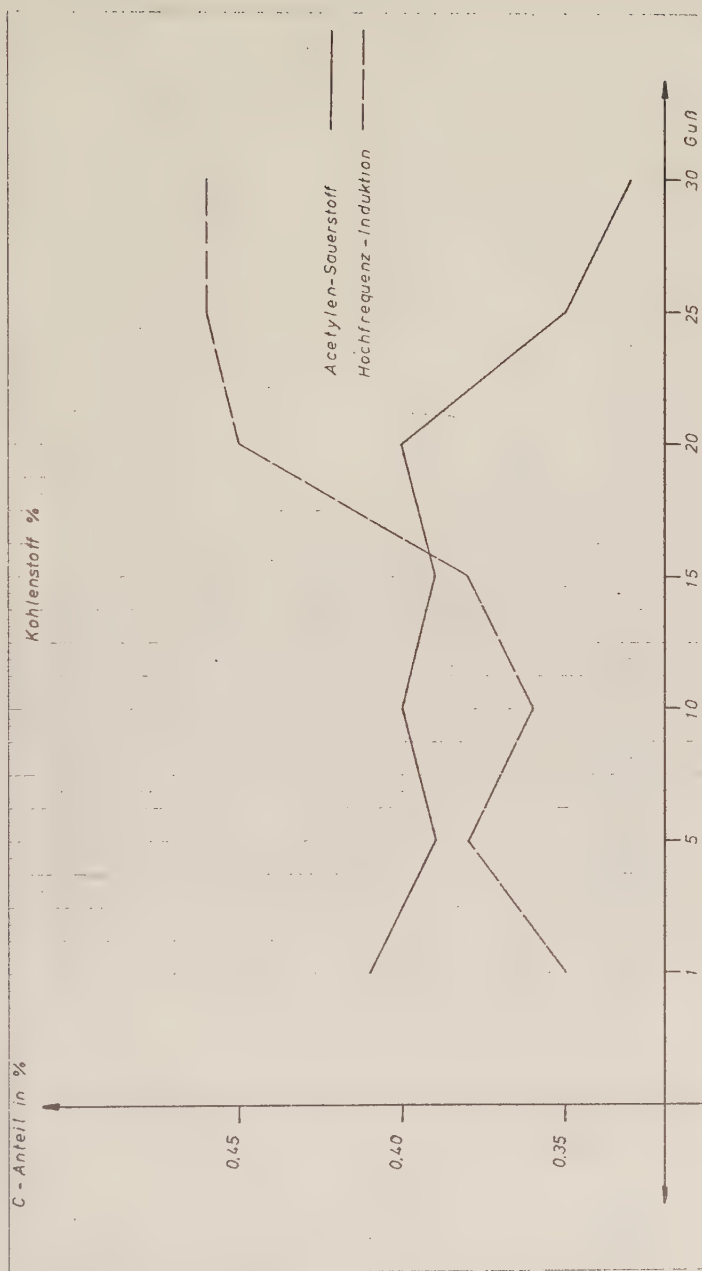


Abb. 8 Veränderung der Kohlenstoffkonzentration (%) bei steigender Gußzahl, beim Hochfrequenz-induktions- u. Acetylen-sauerstoffverfahren

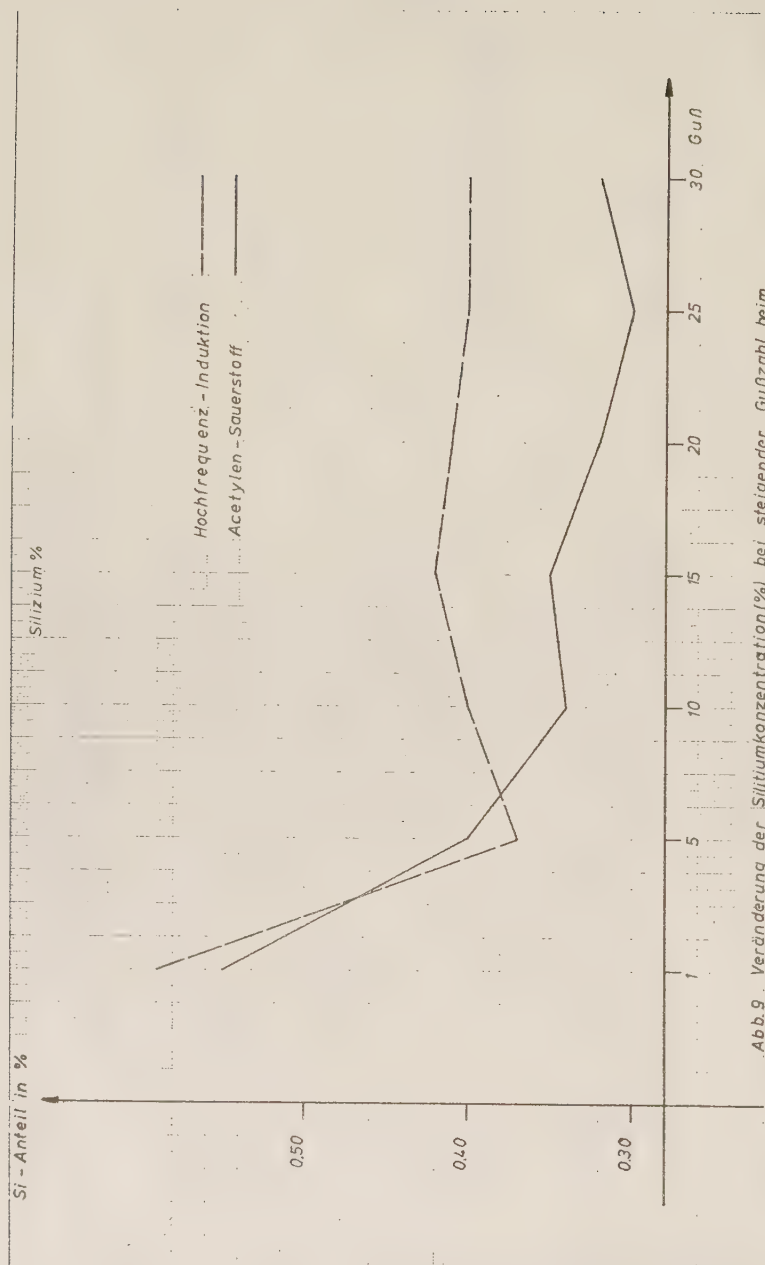


Abb. 9. Veränderung der Siliziumkonzentration (%) bei steigender Gußzahl, beim Hochfrequenzinduktions- u. Acetylen-Sauerstoffverfahren

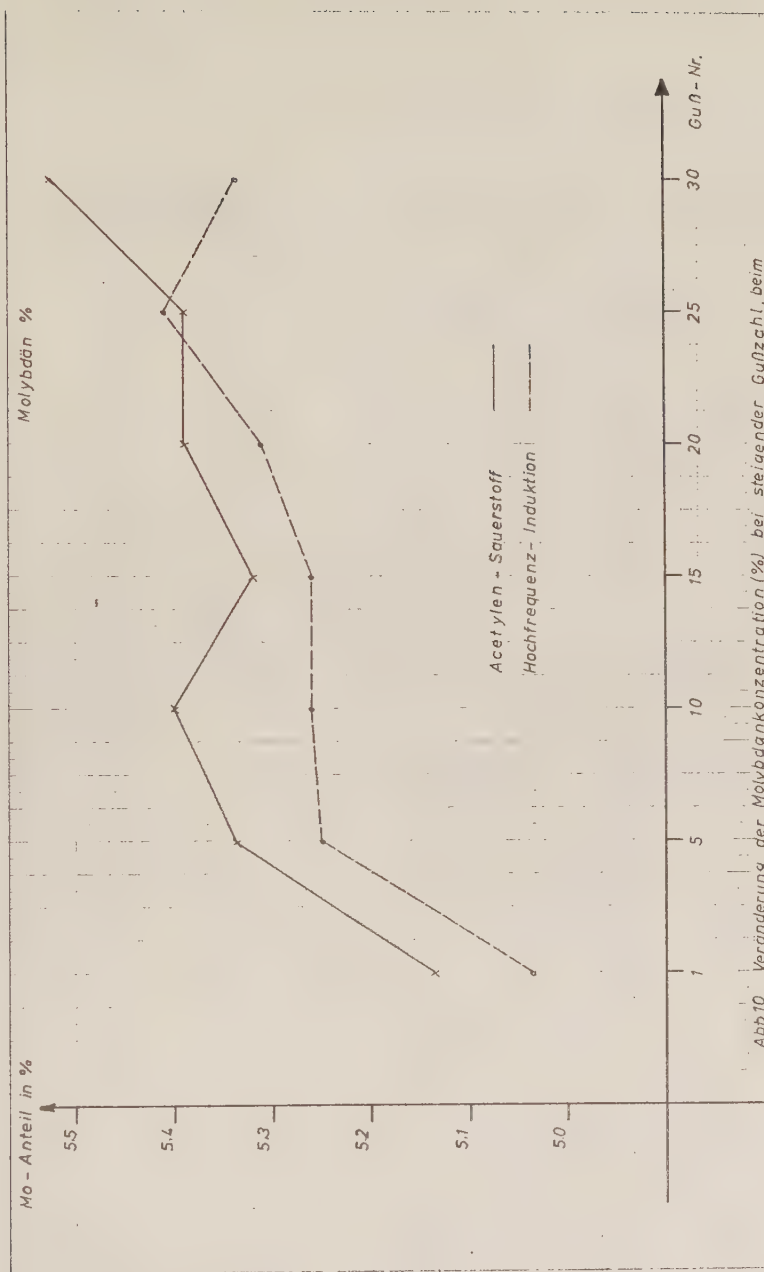


Abb.10 Veränderung der Molybdankonzentration (%) bei steigender Gußzahl, beim Hochfrequenz-Induktions- u. Acetylsauerstoffverfahren

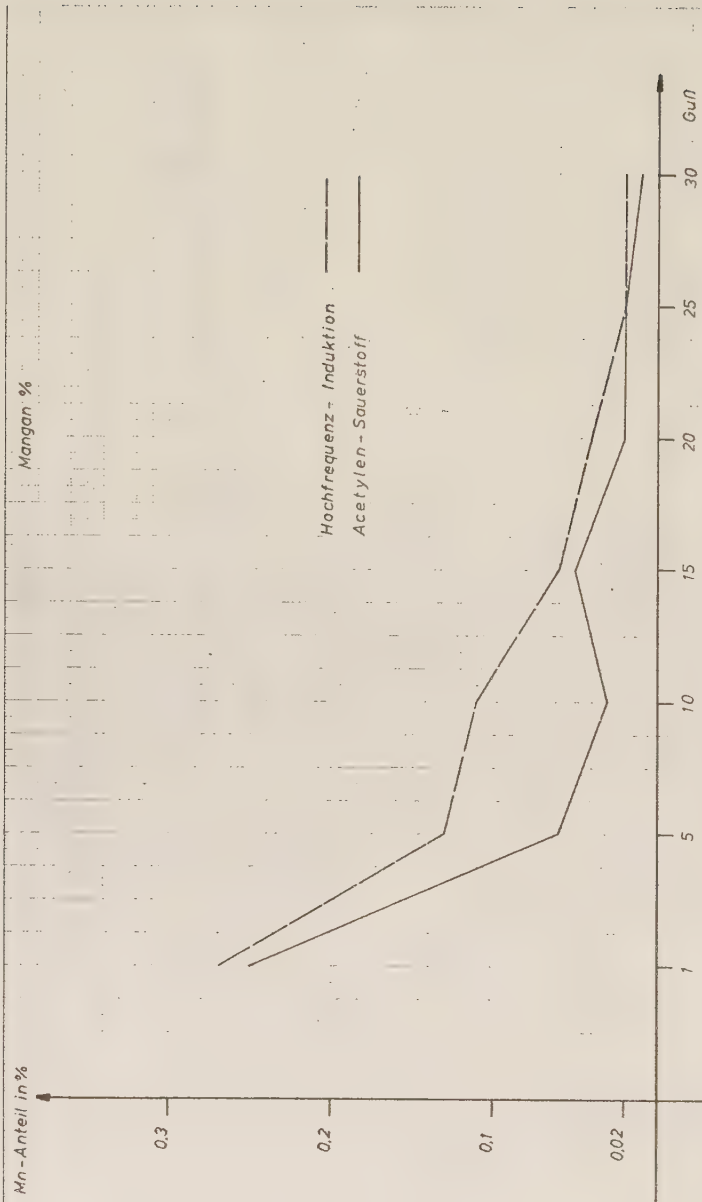


Abb.11. Veränderung der Mangankonzentration (%) bei steigender Gußzahl, beim Hochfrequenzinduktions- u. Acetyleneauerstoffverfahren

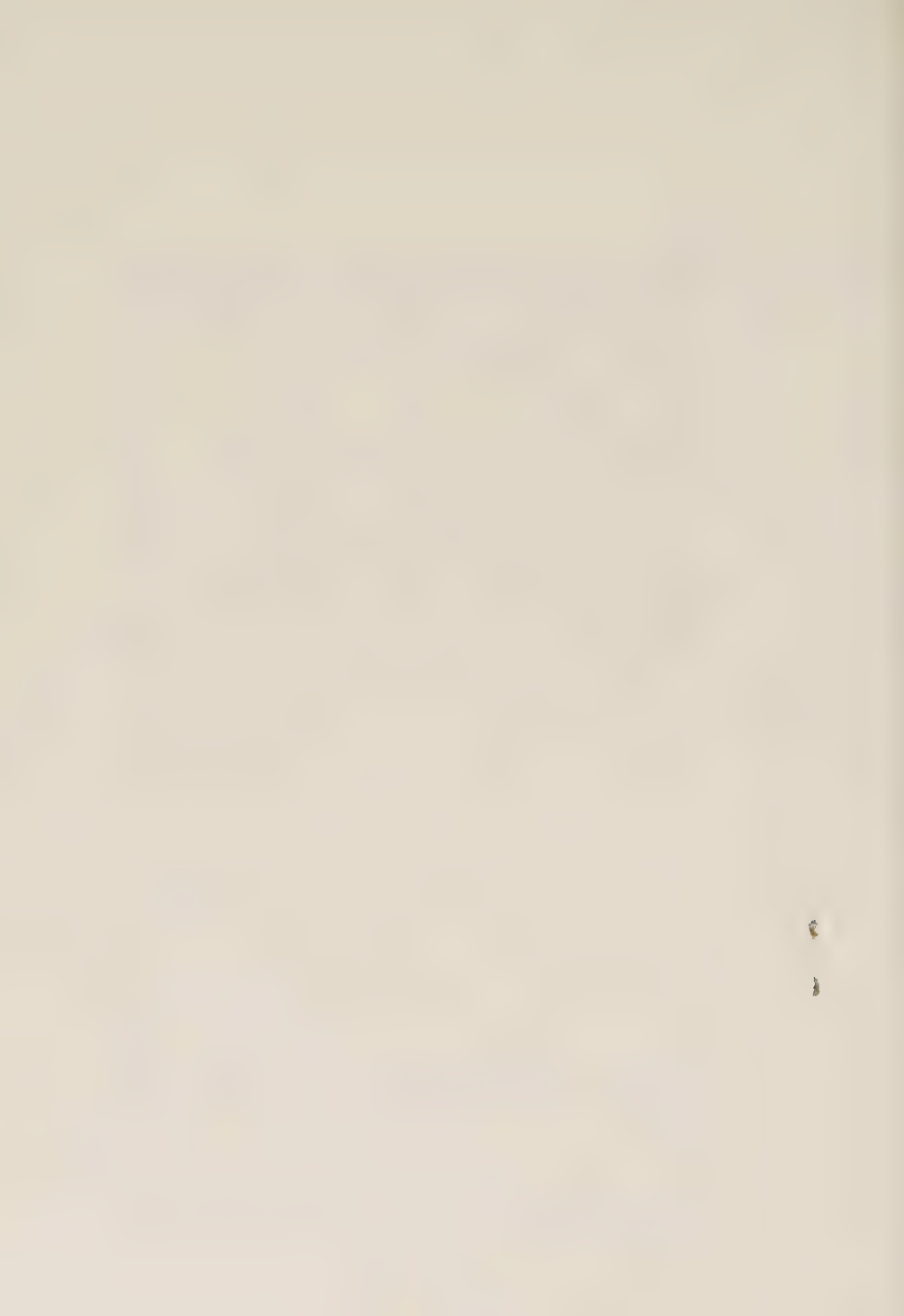
5.2. Schliffbilder

Die Schliffbilder sind in den Abbildungen 12 - 26 aufgeführt.

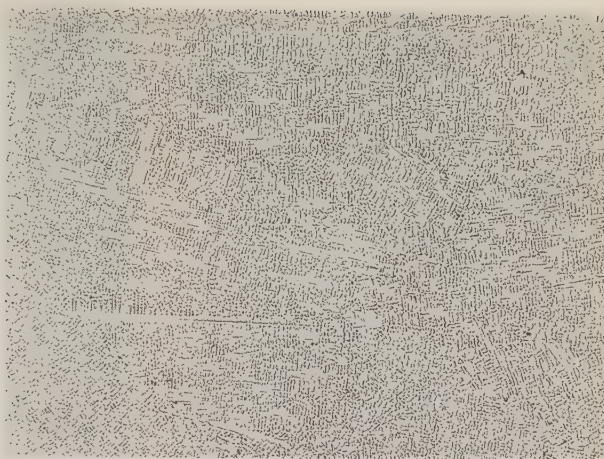
Auf den Bildern sind drei verschiedene Phasen zu erkennen:

1. Eine schwarze Phase, bei der es sich um eutektoide Ausscheidungen an den Korngrenzen handelt.
2. Dunkelgraue Inseln mit scharfer Begrenzung, die in den Körnern liegen. Es handelt sich um Mischkristallstrukturen von Carbiden.
3. Eine mehr oder weniger gleichmäßige graue Phase, die aus Kobalt-, Chrom- und Molybdän-carbiden besteht und den größten Teil des Gefüges ausfüllt.

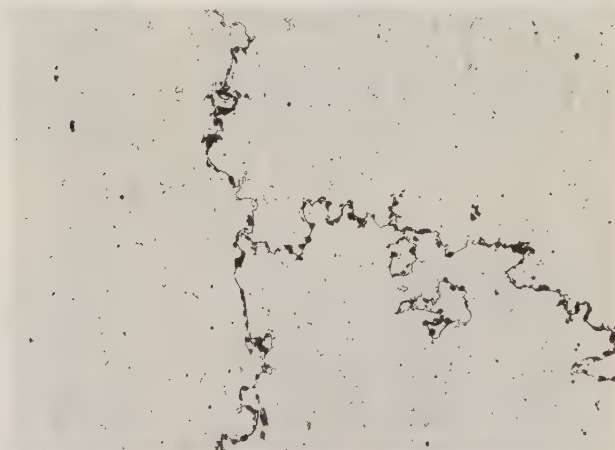
Bei allen Phasen handelt es sich um Metallcarbide der Summenformel $M_{23}C_6$.



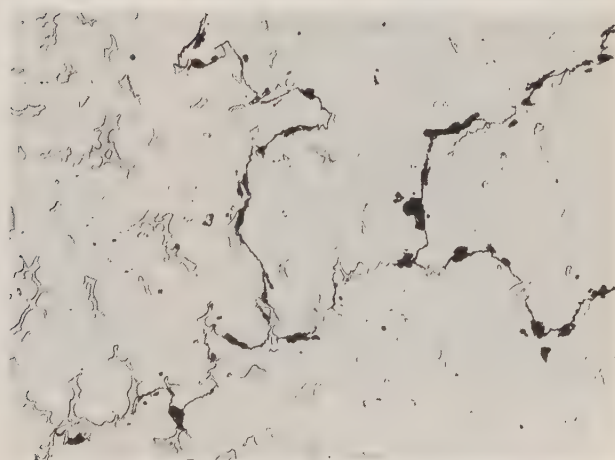
V= 50:1

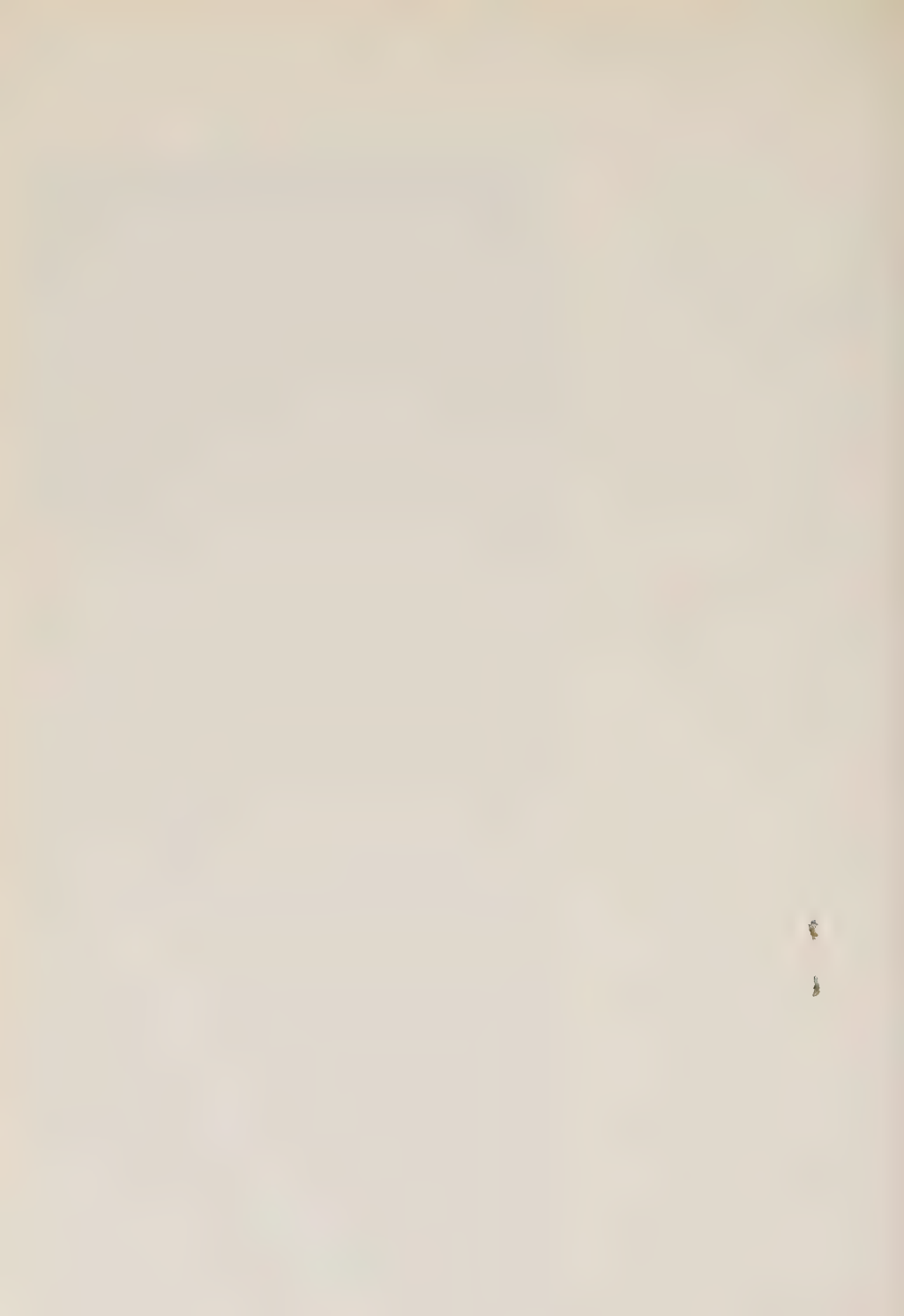


V= 200:1



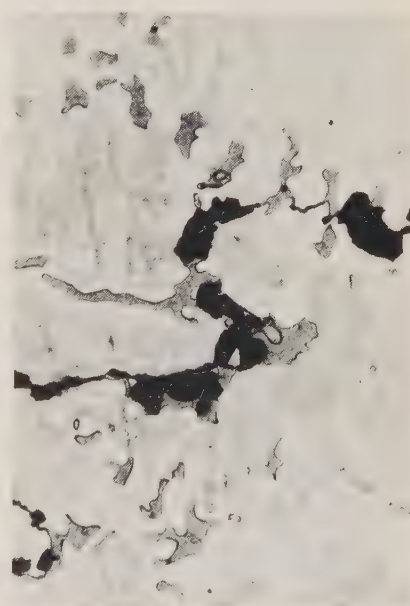
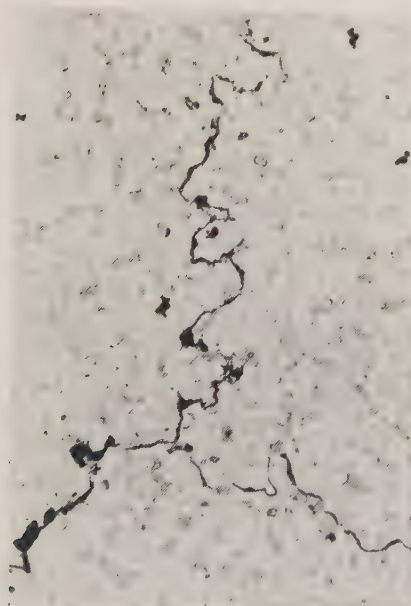
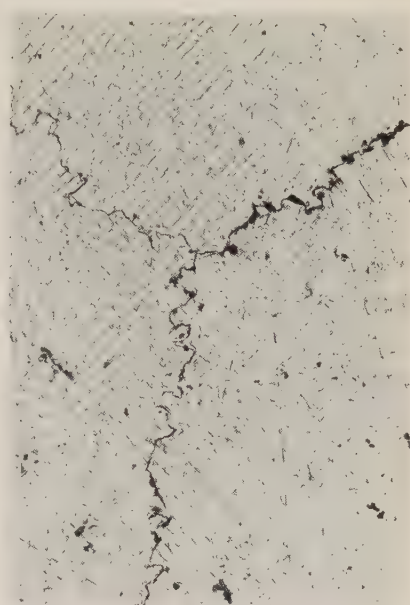
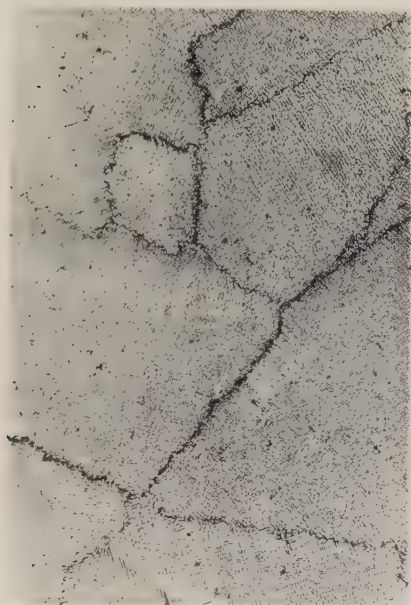
V=500:1





V= 50:1

V= 200:1



V=500:1

V=1000:1

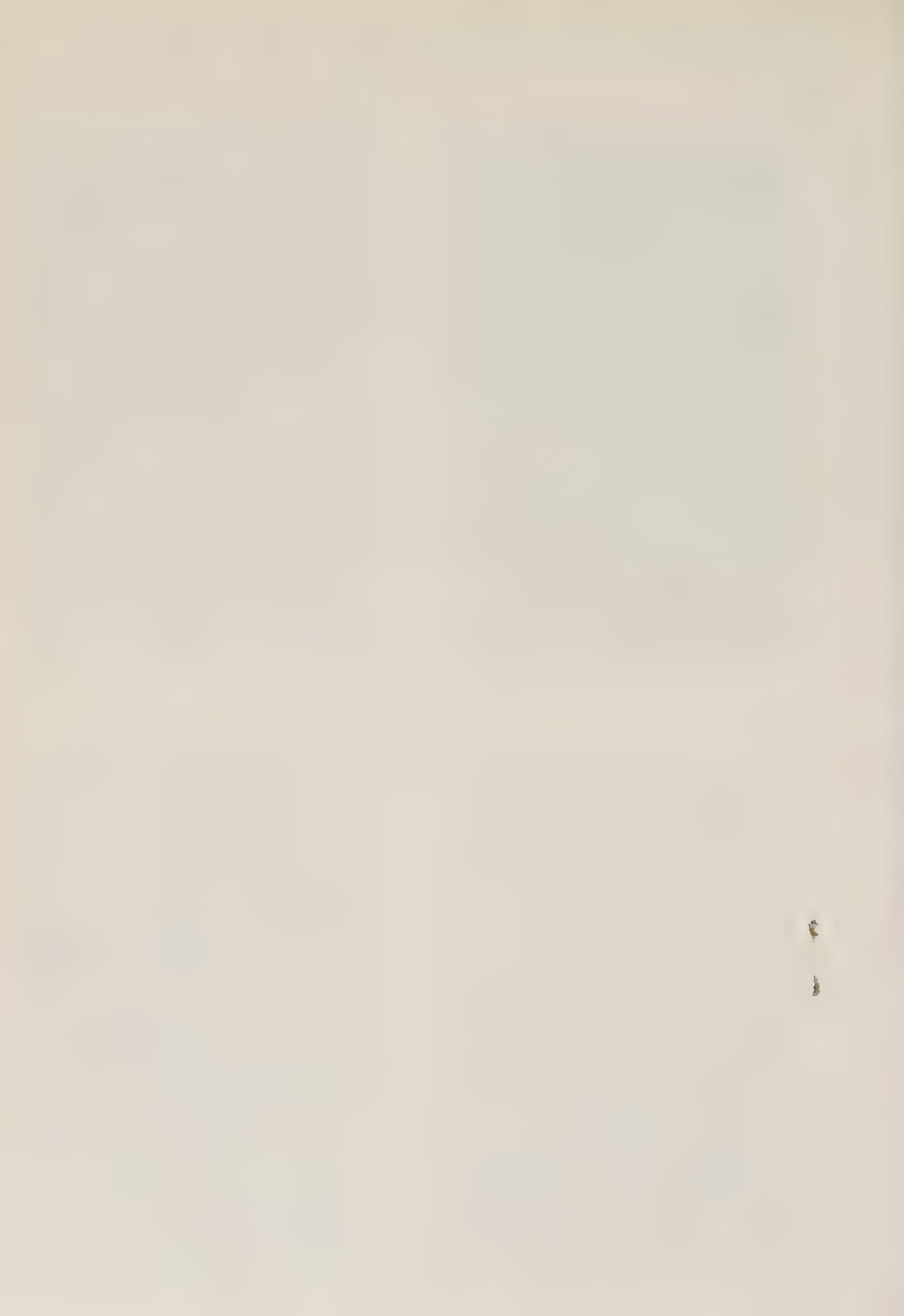


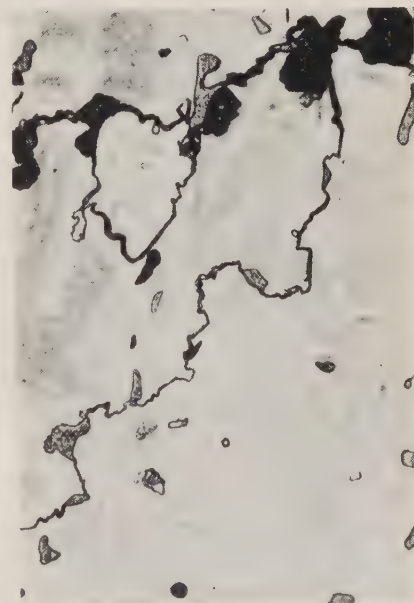
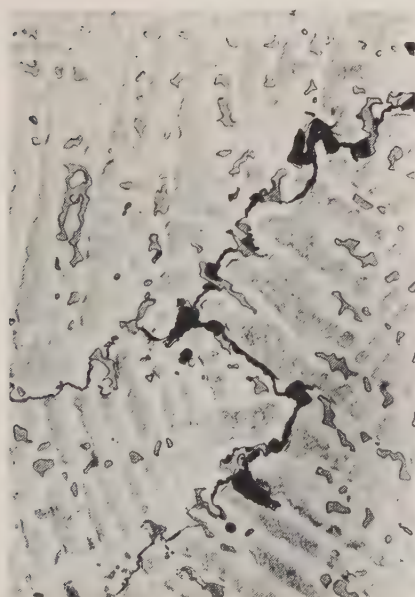
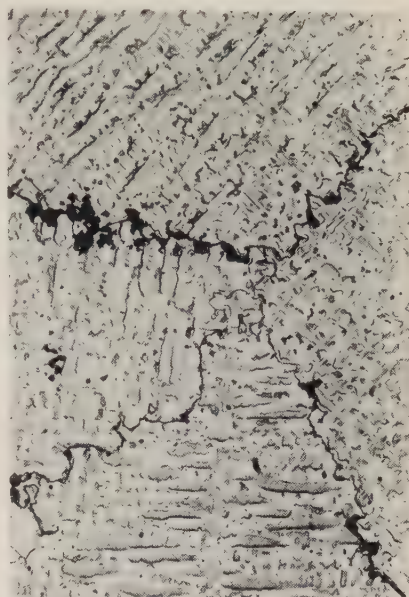
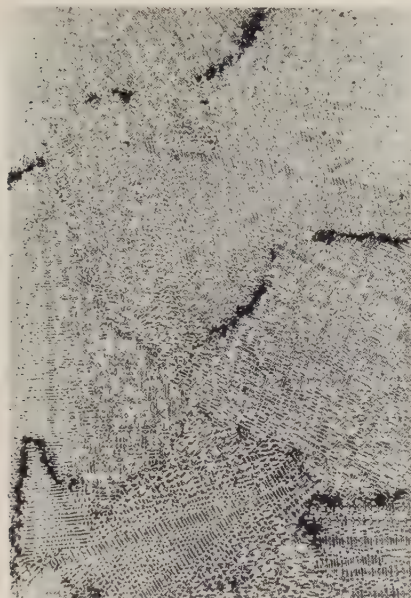
ABB.: 14

-40-

WIRONIT BEIM ACETYLEN-SAUERSTOFF-VERFAHREN 5. GUSS

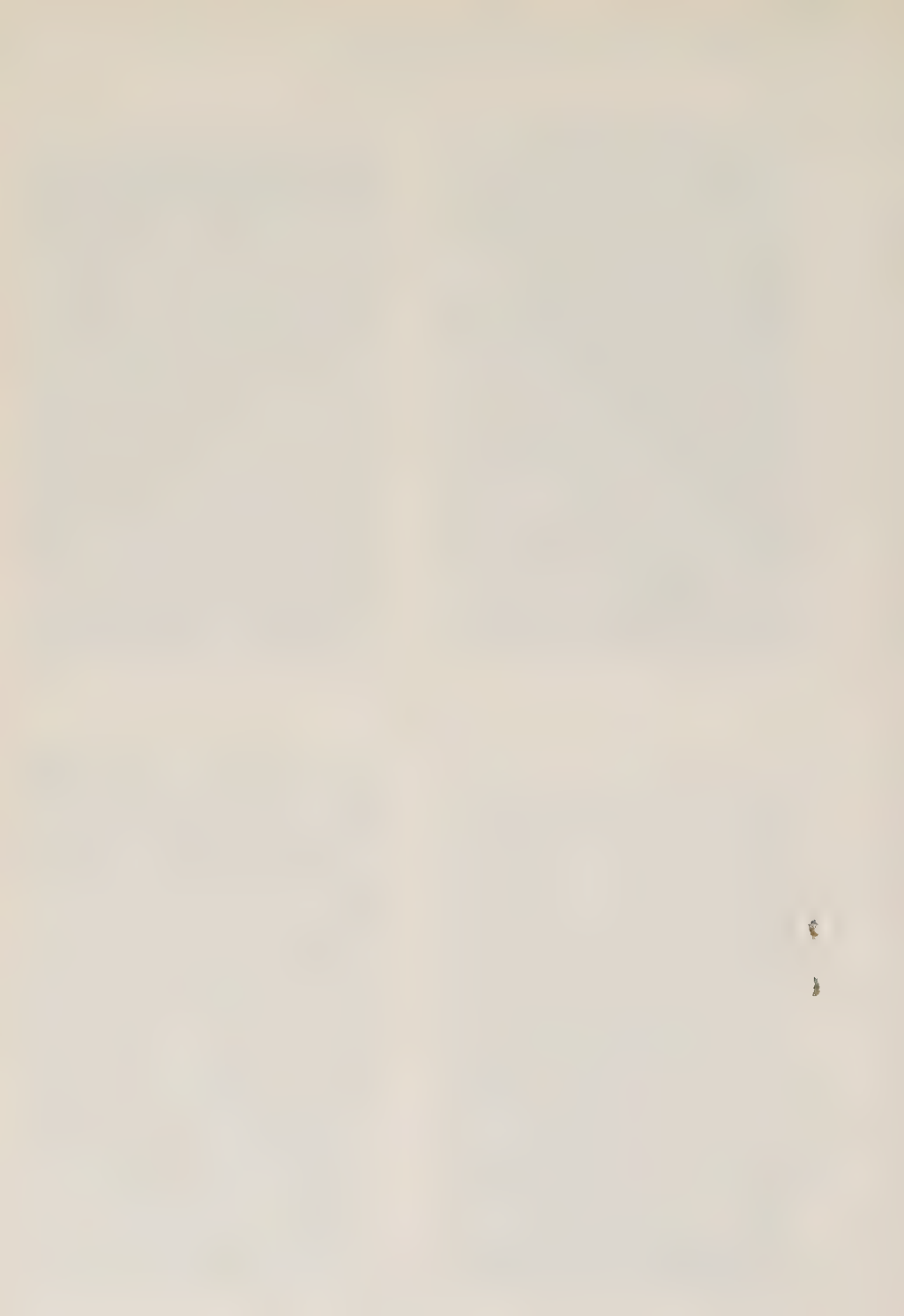
V=50:1

V=200:1



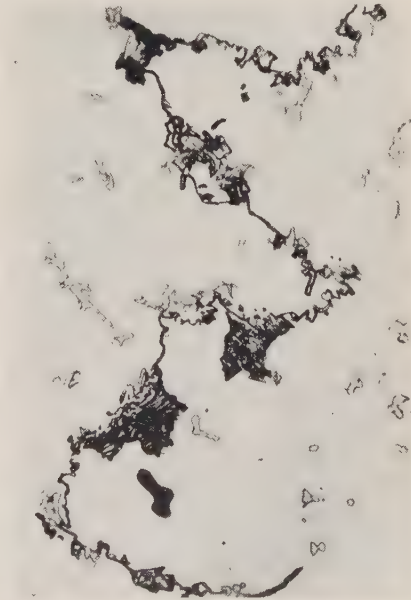
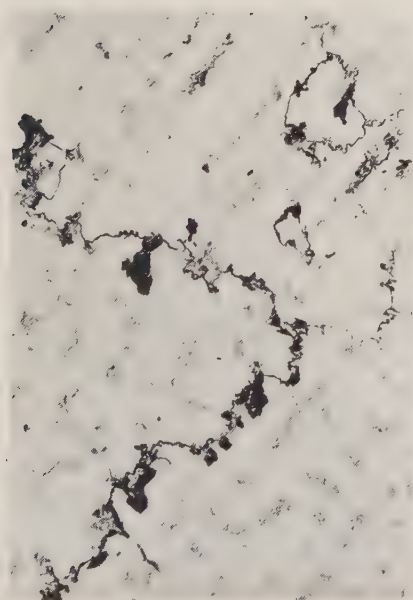
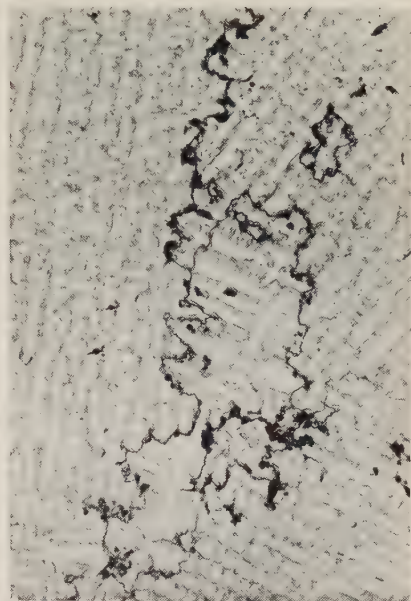
V=500:1

V=1000:1



V=50:1

V= 200 : 1

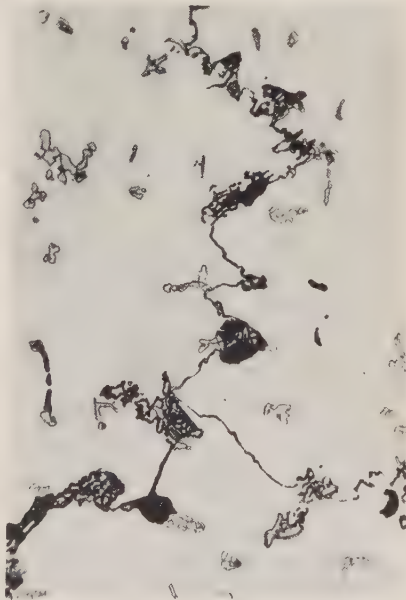
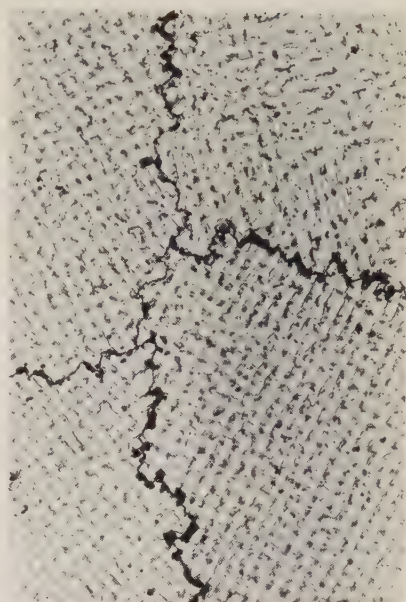


V=500:1

V=1000:1

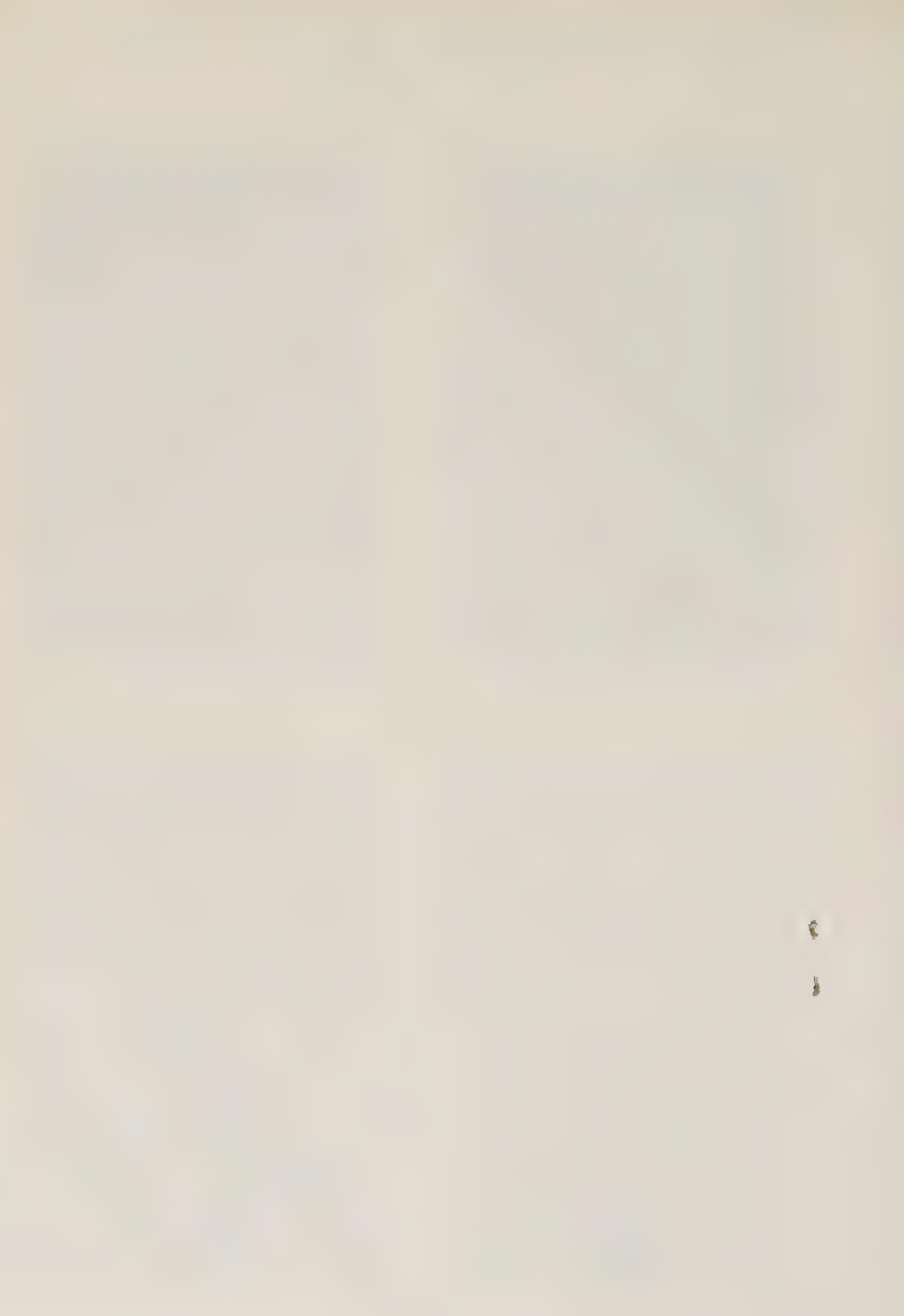
V=50:1

V=200:1



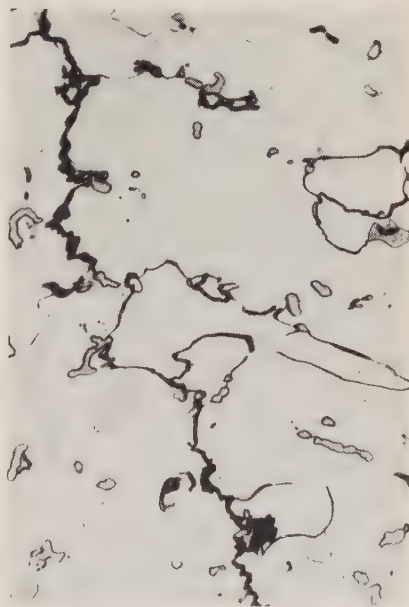
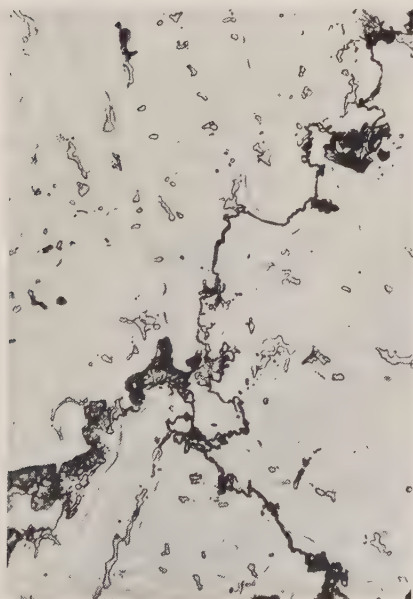
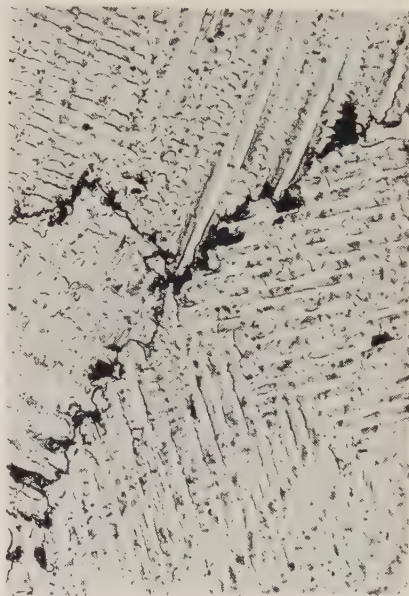
V=500:1

V=1000:1



V=50:1

V=200:1

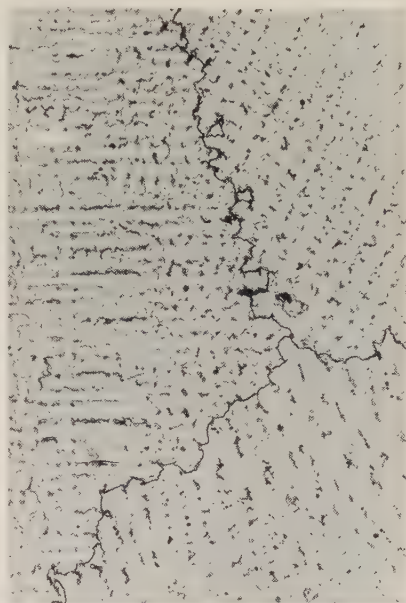


V=500:1

V=1000:1

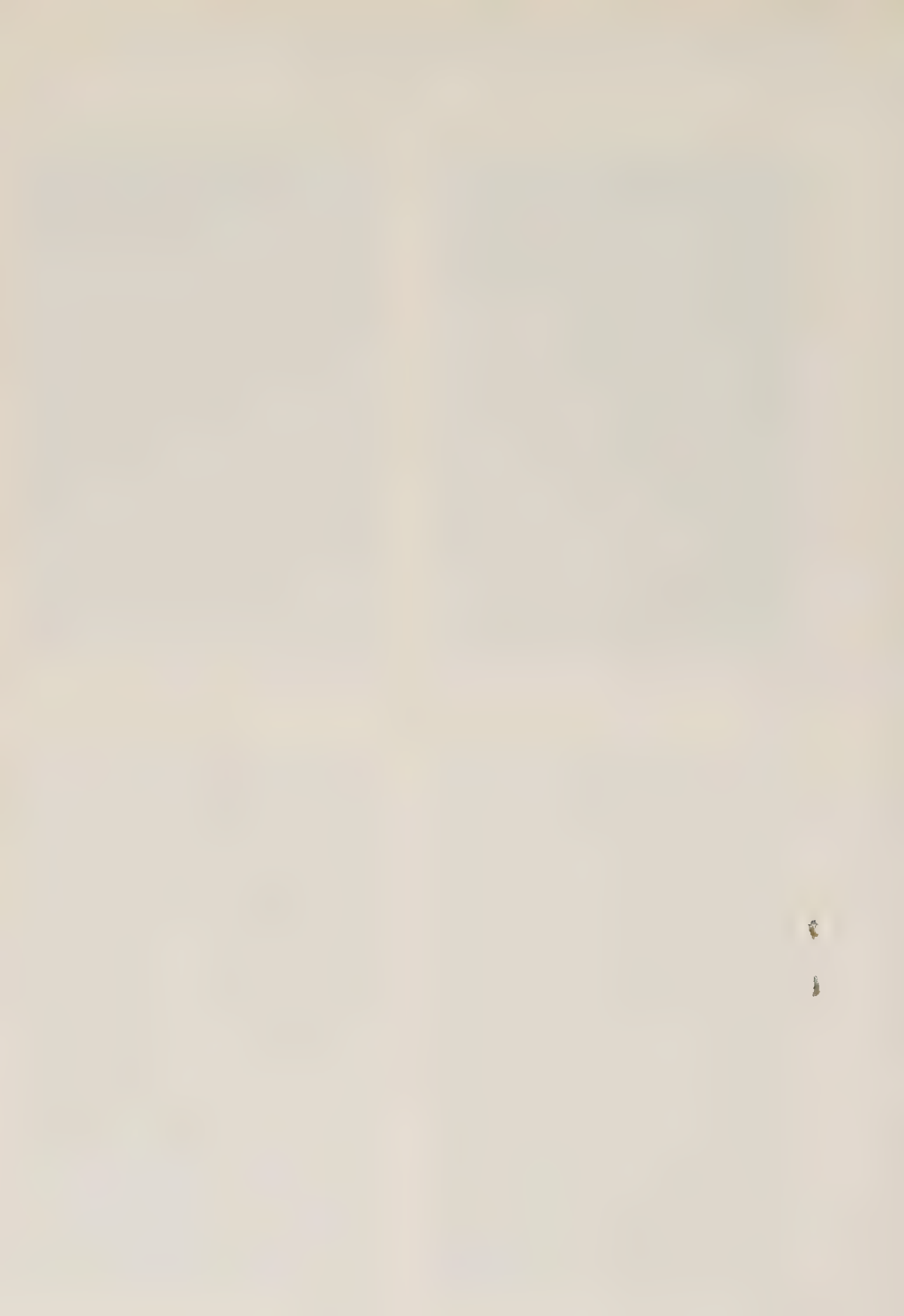
V= 50:1

V= 200:1



V= 500:1

V=1000:1



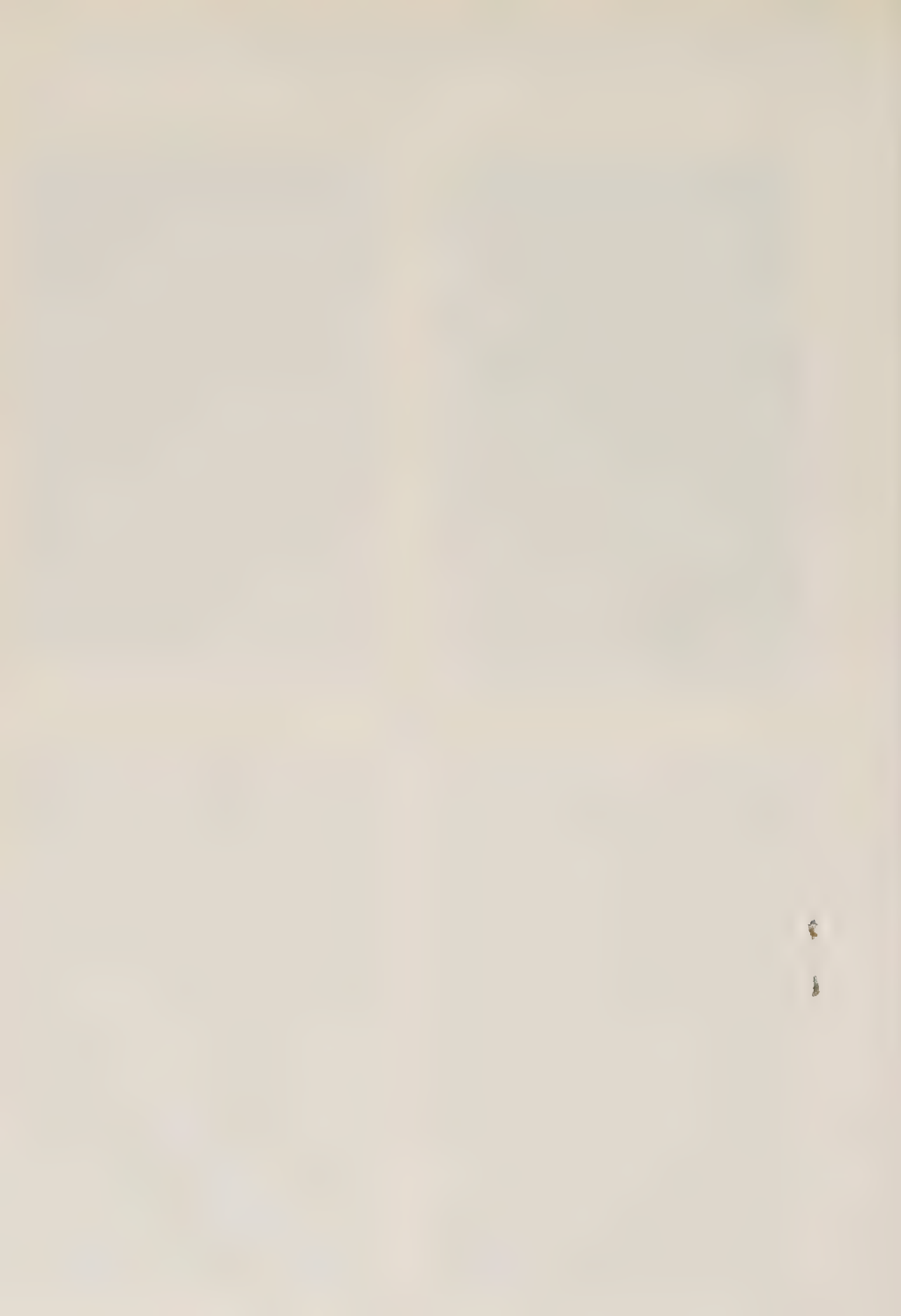
V=50:1

V= 200:1



V=500:1

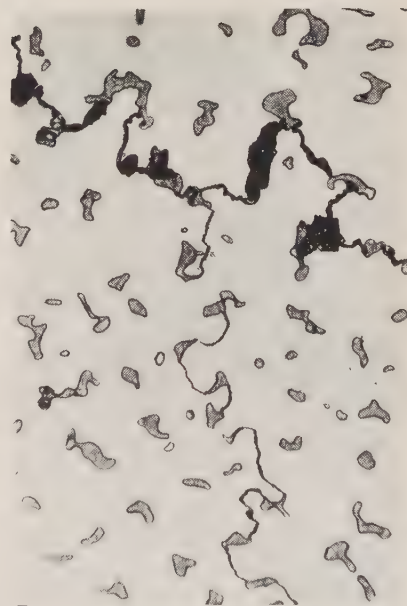
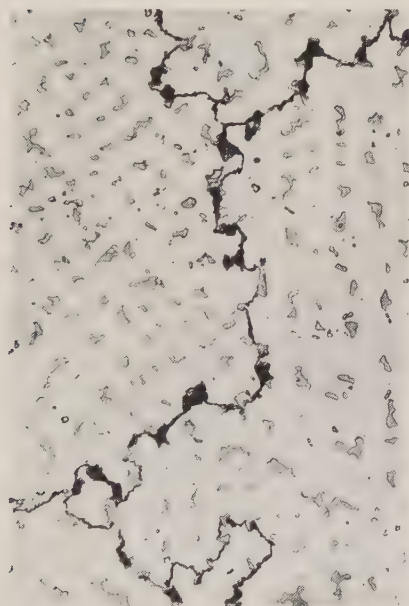
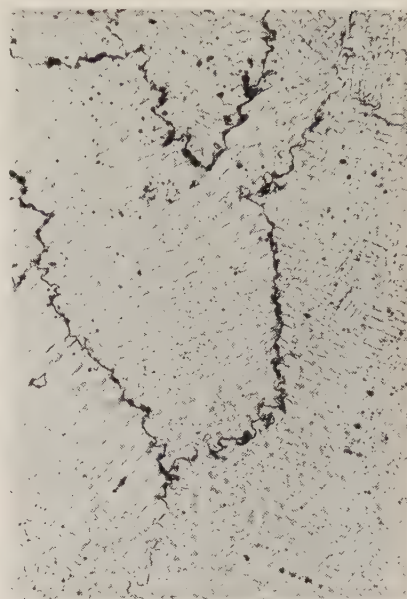
V=1000:1



V= 50:1



V= 200:1



V= 500:1

V= 1000:1

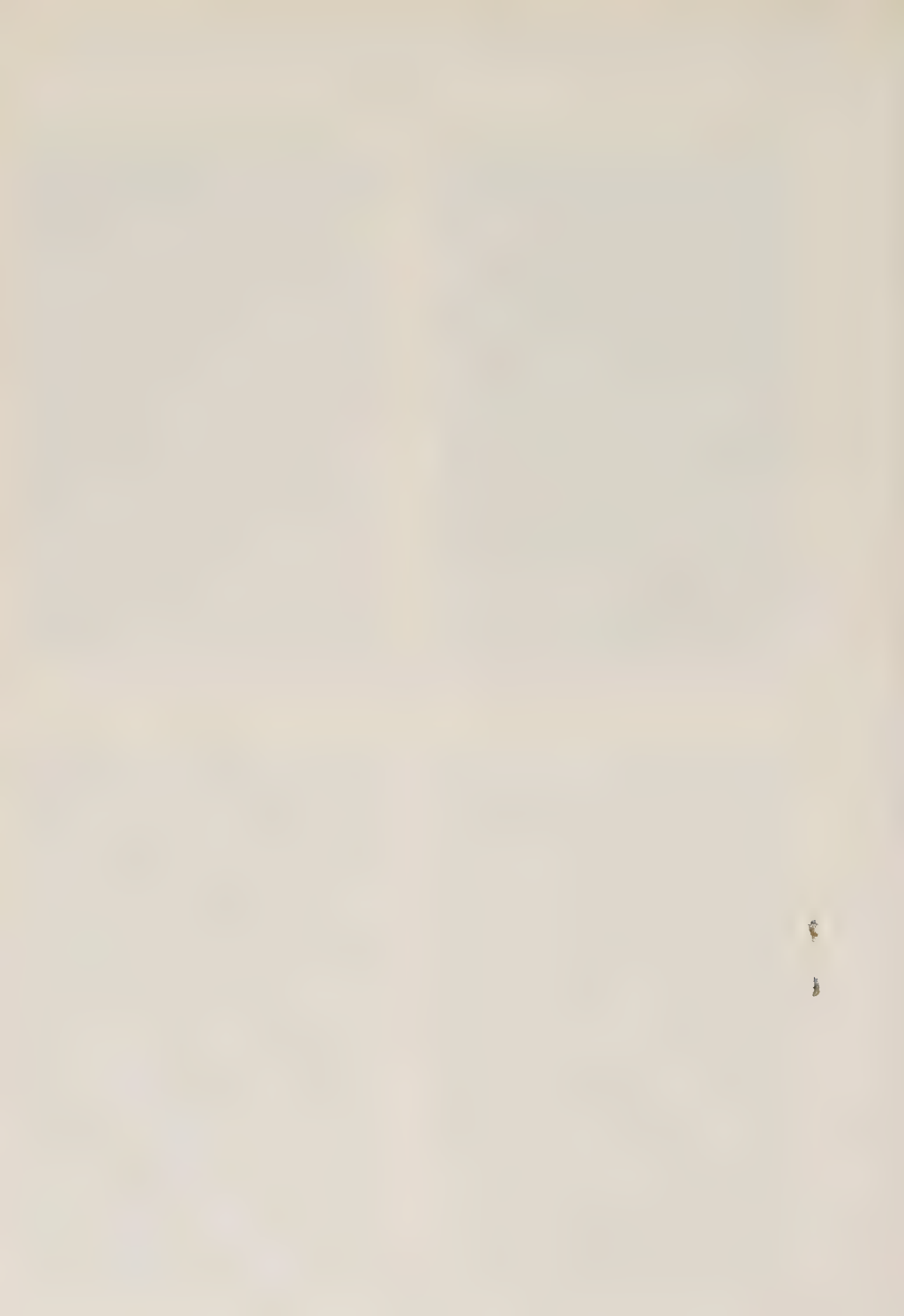


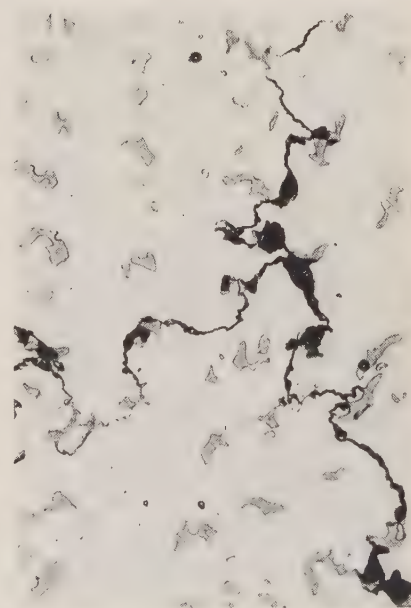
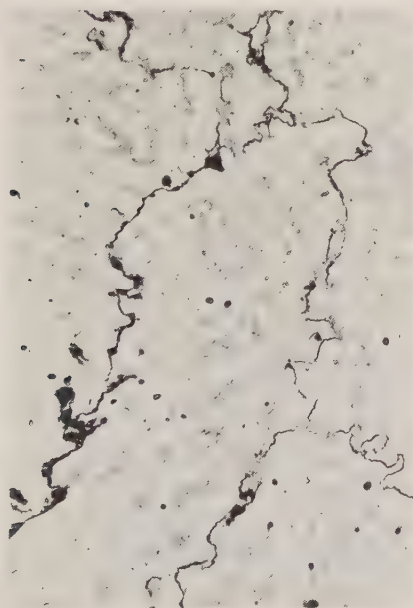
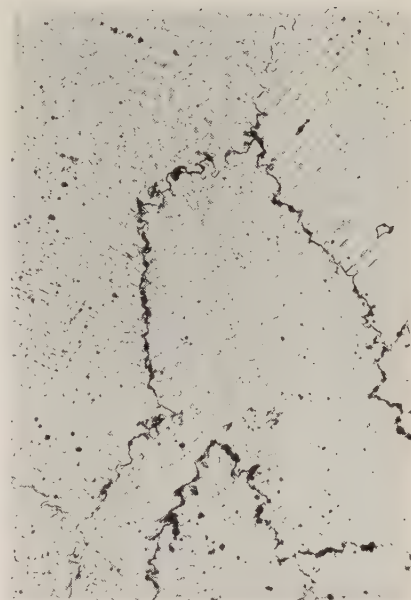
ABB.: 21

-47-

WIRONIT BEIM HOCHFREQUENZ-INDUKTIONS-VERFAHREN 5 GUSS

V=50:1

V= 200:1

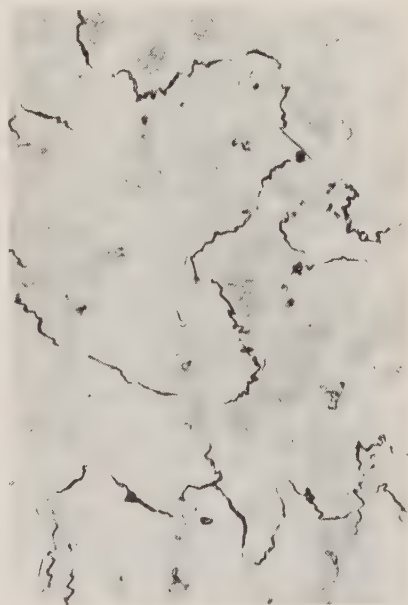
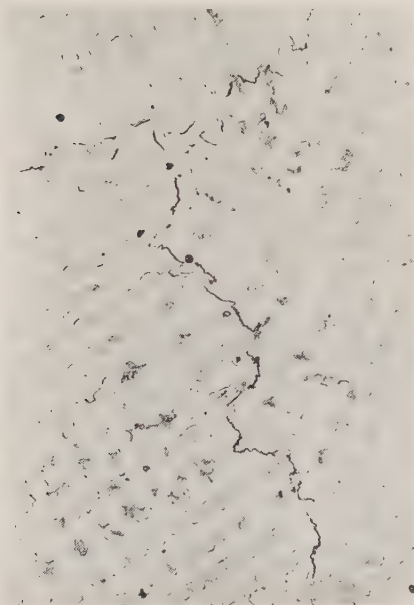
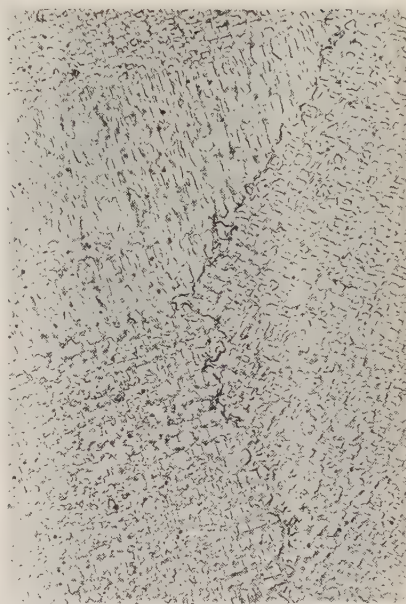
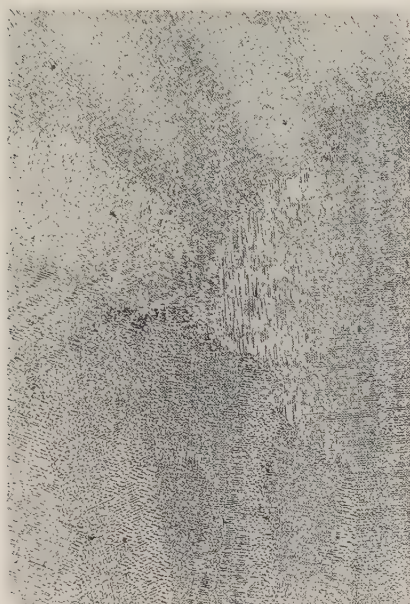


V=500:1

V=1000:1

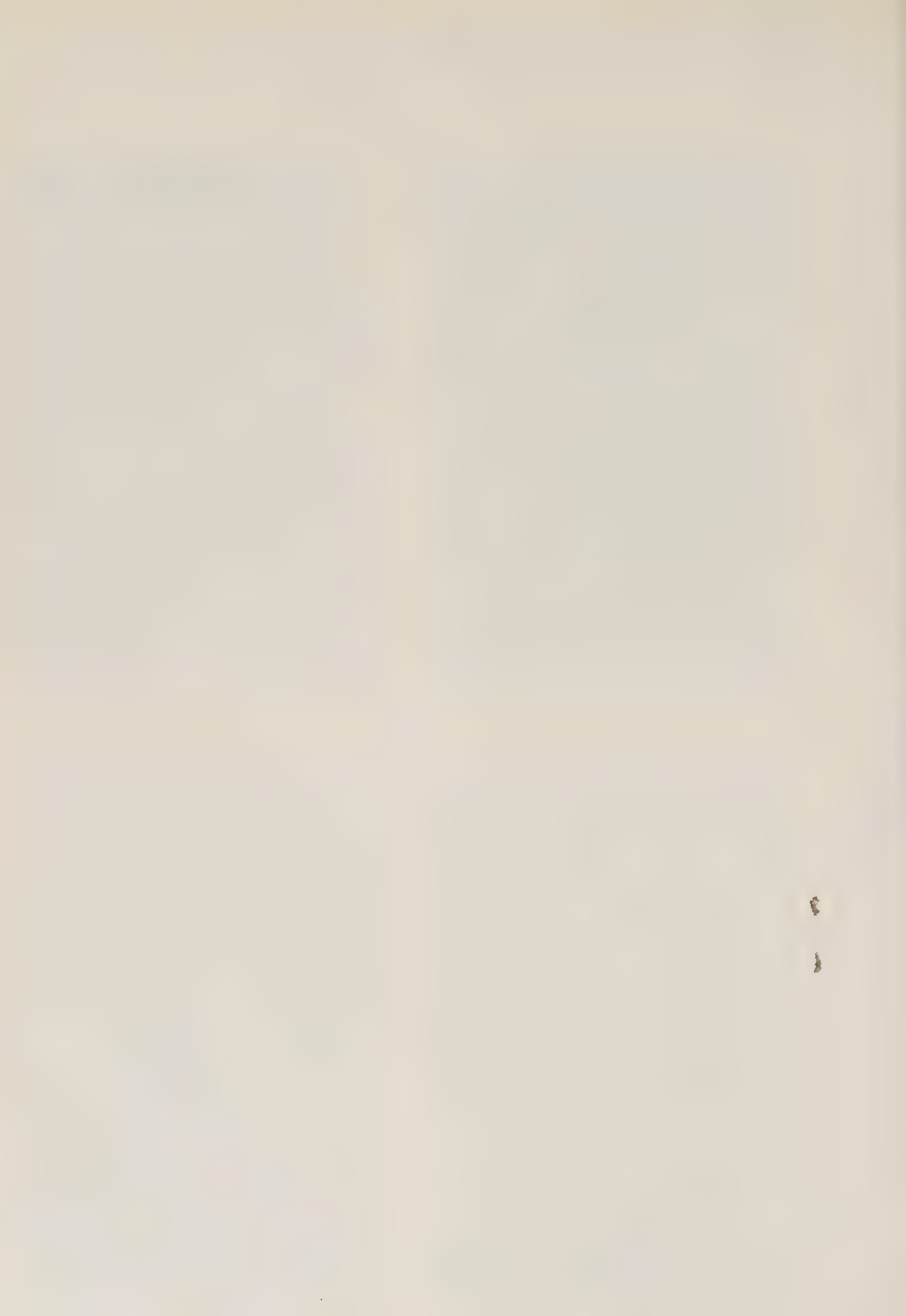
V= 50:1

V=200:1



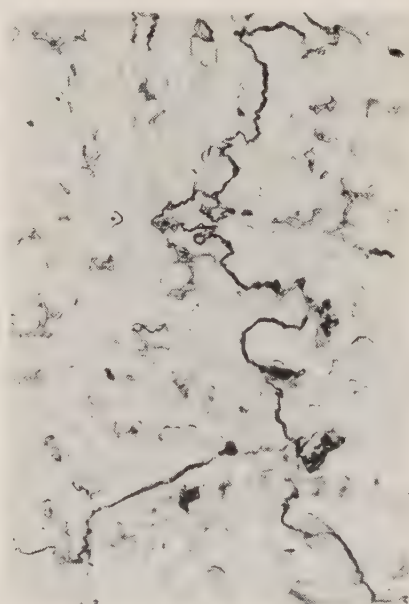
V= 500:1

V=1000:1



V= 50 : 1

V= 200 : 1



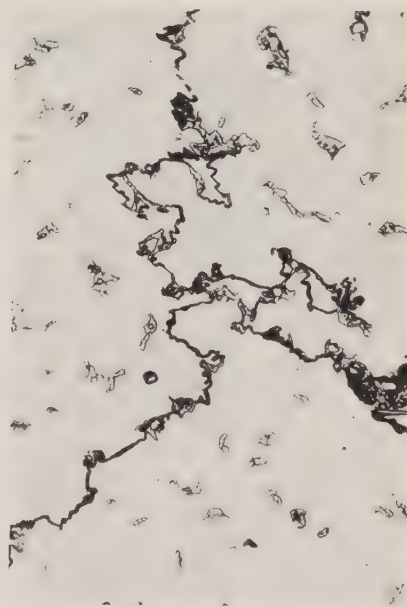
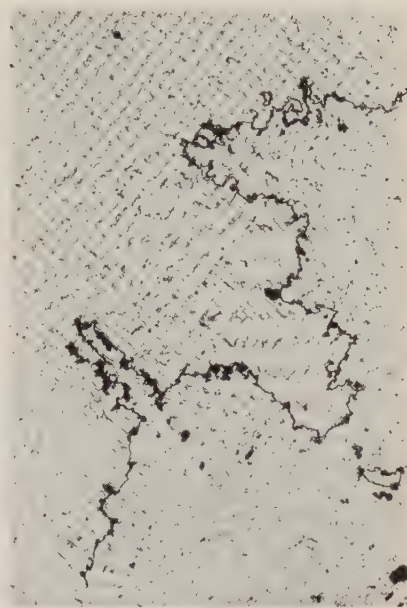
V= 500 : 1

V= 1000 : 1



V=50:1

V=200:1

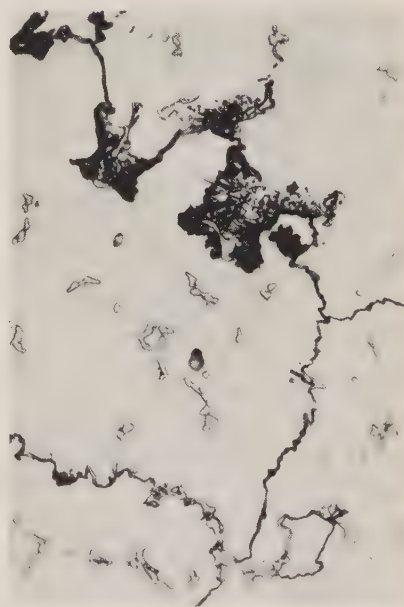
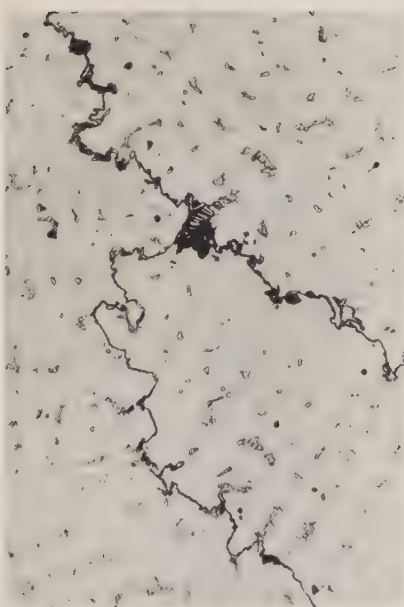
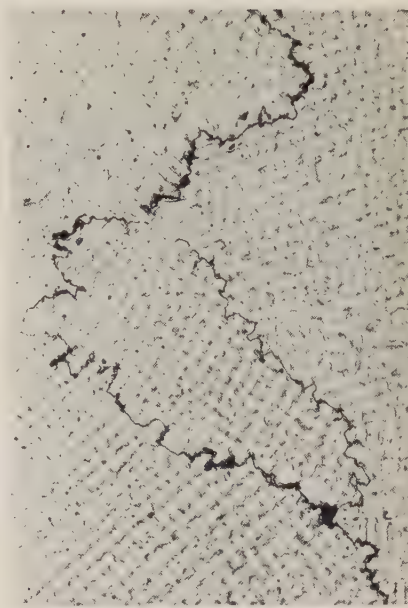
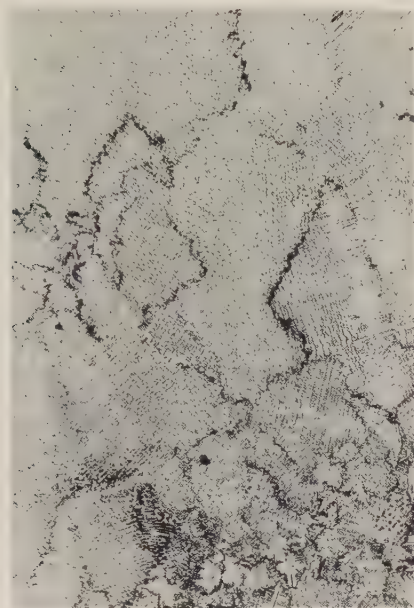


V=500:1

V= 1000:1

V= 50:1

V=200:1

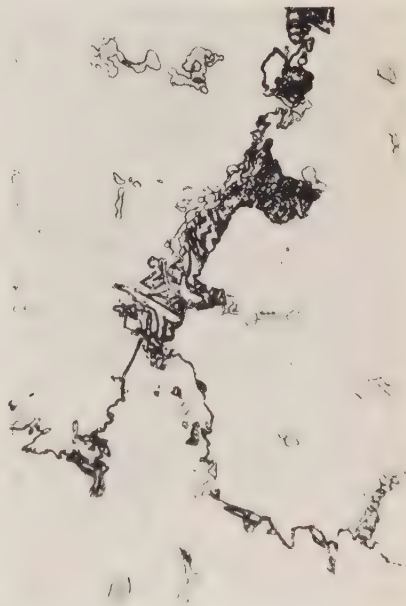
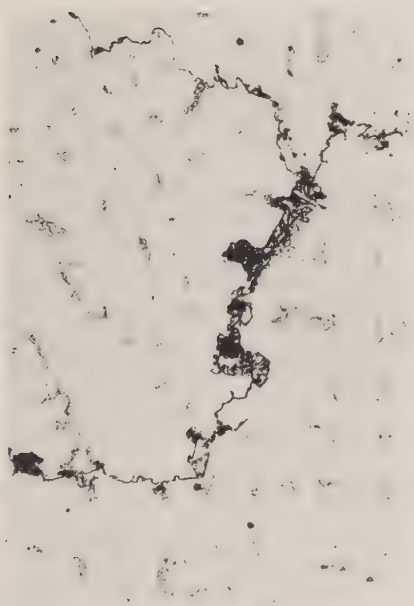
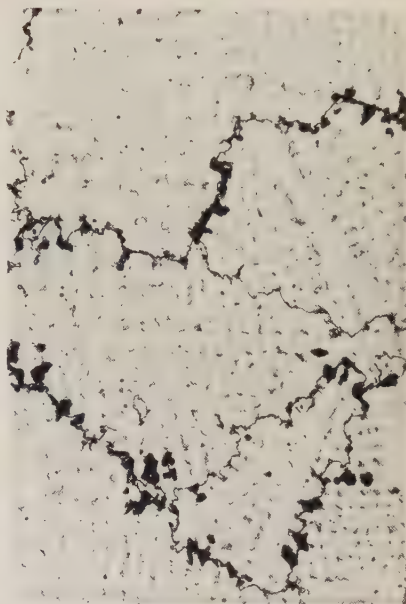
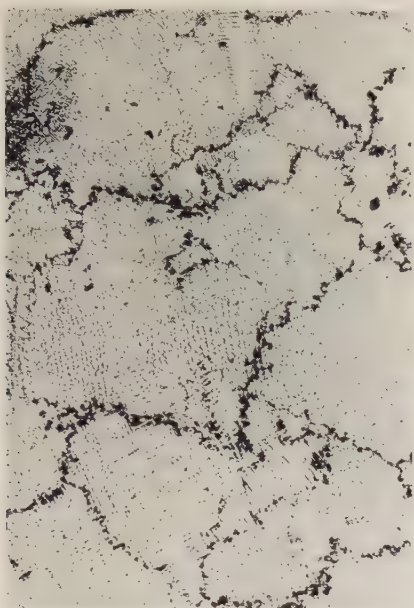


V= 500:1

V=1000:1

V= 50:1

V= 200:1



V= 500:1

V=1000:1

6. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

6.1. Chemische Analyse

Die chemische Zusammensetzung der Legierung ändert sich auffällig während des dreißigfachen Vergusses. Hauptsächlich die Elemente mit einer hohen Affinität zum Luft-sauerstoff zeigten einen starken Abbrand. Bei anderen ist eine Reaktion mit dem Schmelztiegel denkbar.

Anreicherungen dürfen nur als relativ betrachtet werden, da die Zunahme eines Elementes ja nur auf die Abnahme anderer Komponenten zurückzuführen ist.

Im folgenden werden die Veränderungen der Legierungskomponenten im Einzelnen diskutiert und gegenübergestellt.

- | | |
|-------------|--|
| 1. Schwefel | Dieses Element ist aufgrund seines Schmelz- und Siedepunktes zum Verdampfen bzw. Verbrennen prädestiniert. Im übrigen hat es für die Legierungseigenschaften keine Bedeutung. |
| 2. Nickel | Die Anreicherung von Nickel bis zum 20. Guß beim Acetylen-Sauerstoff-Verfahren und 15. Guß beim Hochfrequenz-Induktions-Verfahren ist relativ zu sehen. Die sprunghafte Zunahme bei den weiteren Güssen ist allerdings ein Phänomen, für das eine Deutung fehlt. Es kommen eigentlich nur exogene Faktoren in Betracht. Eine Fehlersuche blieb jedoch ergebnislos. |
| 3. Eisen | Die sprunghafte Zunahme von Eisen zeigte sich ebenfalls wie bei Nickel nach dem |

15. Guß beim Hochfrequenz-Induktions-Verfahren und nach dem 2o. Guß beim Acetylen-Sauerstoff-Verfahren. Auch hierfür kommen nur exogene Faktoren in Betracht. Eine genauere Erklärung kann auch hier nicht gegeben werden.

- | | |
|----------------|--|
| 4. Mangan | Dieses Element reagiert vermutlich mit der Schmelztiegelsubstanz, indem es oxydiert wird. Bei beiden Verfahren zeigt sich eine gleichmäßige Mengeneinbuße. |
| 5. Kohlenstoff | Beim Kohlenstoff kann beim Acetylen-Sauerstoff-Verfahren ein Verlust durch Oxydation festgestellt werden, der hauptsächlich nach dem 2o. Guß auftritt. Erstaunlich ist die relative Kohlenstoffanreicherung beim Hochfrequenz-Induktions-Verfahren. Sie tritt besonders nach dem 2o. Guß auf. Eine Erklärung für diese unerwartete Anreicherung kann nicht gegeben werden. |
| 6. Aluminium | Das vor Verzunderung Schutz bietende Aluminium ist schon gleich zu Beginn abgebrannt. Bei den beiden Verfahren ist kein Unterschied festzustellen. |
| 7. Silizium | Silizium reagiert vermutlich sowohl mit der Schmelztiegel-Substanz als auch mit dem Luft-Sauerstoff. Die Reaktion mit Sauerstoff scheint aber zu überwiegen. Bei beiden Verfahren ist eine gleichmäßige Abnahme zu erkennen. |

8. Molybdän Bei den beiden Gußverfahren bleibt die Molybdän-Konzentration fast konstant. Dies ist auf die Reaktions-trägheit des Elements zurückzuführen.
9. Chrom Durch die hohe Sauerstoff-Affinität des Chroms verwundert es nicht, daß eine kontinuierliche Abnahme dieses Elements bei beiden Gußverfahren zu verzeichnen ist. Das Chrom reagiert mit dem Luft-Sauerstoff und das entstandene Oxyd bleibt als Schlacke im Schmelztiegel zurück.
10. Kobalt Als reaktionsträges Element geht von dem Kobalt praktisch nichts verloren. Die Kobaltzunahme bei beiden Verfahren ist im Zusammenhang mit der Chrom-abnahme zu sehen. Sie ist relativ und genauso groß wie die Chromabnahme. Der Kobaltgehalt kann als konstant angesehen werden.

Bei der Betrachtung des unterschiedlichen Einflusses beider Verfahren auf die chemische Zusammensetzung der Legierung kann festgestellt werden, daß generell die Tendenz einer Zu- oder Abnahme der Konzentration der Elemente bis auf den Kohlenstoffgehalt in der Richtung übereinstimmt. Lediglich der Grad der Zu- oder Abnahme ist bei dem Acetylen-Sauerstoff-Verfahren stärker ausgeprägt, womit die Grenzen des Wiedervergußes bei diesem Verfahren niedriger liegen müssen.

Nach DIN 13912 (8) sind folgende Anforderungen an die chemische Zusammensetzung gestellt:

1. Kobalt, Chrom, Nickel, Molybdän, Wolfram	min. 88 Gew. %
2. Chrom, Nickel, Titan	min. 26 Gew. %
3. Kobalt und Nickel	min. 57 Gew. %
4. Molybdän, Wolfram, Niobium, Titan und Aluminium	min. 4 Gew. %

Die Anforderungen 1, 3, 4 nach DIN 13912 (8) werden bei allen Wiedervergüssen beider Verfahren erfüllt.

Anforderung 2 wird beim Acetylen-Sauerstoff-Verfahren nur beim 1. Guß und beim Hochfrequenz-Induktions-Verfahren nur bis zum 5. Guß erfüllt.

Nach der geltenden DIN-Vorschrift Nr. 13912 ist beim Acetylen-Sauerstoff-Verfahren nur ein einmaliger Verguß erlaubt, beim Hochfrequenz-Induktions-Verfahren dagegen kann bis zu fünf Mal wiedervergossen werden.

Inwieweit die gefundenen Veränderungen der chemischen Zusammensetzung einen Einfluß auf die Korrosionsbeständigkeit, Gewebeverträglichkeit, Toxizität und Sensibilisierung haben, ist nicht vorauszusagen und bleibt noch zu untersuchen.

6.2. Schliffbilder

6.2.1. Acetylen-Sauerstoff-Verfahren

Die eutektoiden Ausscheidungen an den Korngrenzen machen im Verlauf des dreißigfachen Wiedervergußes einen Wandel in Form und Größe durch. Zu Beginn sind die eutektoiden Ausscheidungen in Form von homogenen Inseln an den Korngrenzen

sichtbar. Im Verlauf der Gußserie lockern sich diese Inseln auf und werden von Mischkristallstrukturen durchsetzt. Zum Ende hin sind die anfangs an den Korngrenzen gelegenen eutektoiden Ausscheidungen fast vollständig aufgelöst und erscheinen in Form von kleinen Teilen in den Mischkristallinseln.

Die innerhalb der Körner liegenden Mischkristallinseln von Carbiden nehmen im Verlauf der Gußserie an Größe ab und nehmen gleichzeitig wie oben beschrieben die eutektoiden Ausscheidungen auf.

Die Korngröße nimmt bis zum 30. Wiederverguß nahezu konstant ab.

Eine neue Phase, die saumartig um die Carbide herum entsteht, läßt auf zusätzliche Veränderungen im Gefüge schließen. Deshalb ist zu vermuten, daß durch ein wiederholtes Schmelzen und Vergießen die Korrosionsbeständigkeit von Wironit beeinträchtigt wird. Diese These wird gestützt durch den bei der chemischen Analyse festgestellten großen Abbrand von Chrom.

Eine vermehrt auftretende Allergenisierung kann unter diesen Umständen nicht ausgeschlossen werden.

6.2.2. Hochfrequenz-Induktions-Verfahren

Die eutektoiden Ausscheidungen an den Korngrenzen zeigen bis zum 30. Wiederverguß einen deutlichen Unterschied zum Acetylen-Sauerstoff-Verfahren. Während bei letzterem die Ausscheidungen von den Korngrenzen in die Körner eingewandert sind, ist es hierbei nur zu einer Auflockerung der 1. Phase gekommen.

Die innerhalb der Körner liegenden Mischkristallstrukturen von Carbiden nehmen wie beim Acetylen-Sauerstoff-Verfahren an Größe ab. Es fehlen jedoch die eutektoiden Einlagerungen.

Die Korngröße kann als gleichbleibend angesehen werden. Für die Auswertung der Schliffbilder konnten die Bilder des 10. und 15. Gusses nicht berücksichtigt werden, da es sich um Fehler beim Beschleifen, Polieren oder Ätzen handelt.

Aus den gleichen Gründen wie beim Acetylen-Sauerstoff-Verfahren kann eine Verschlechterung der Korrosionsbeständigkeit angenommen werden.

8. LITERATURVERZEICHNIS

1. ANDREAS, M.
Die physikalischen Vorgänge beim Induktionsschmelzverfahren
Dtsch. Stomat. 11, 499 (1961)
2. ARL
Applied-Research-Laboratories
Röntgen-Quantometer 72000
Lausanne Ausgabe 3004 - 3 d
3. ASGAR, K.
PEYTON, F. A.
Effect of microstruktüre on physical properties
of cobalt-base alloys
J. dent. Res. 40, 73 (1961)
4. ASGAR, K.
PEYTON, F. A.
Effect of casting conditions on some mechanical properties
of cobalt-base alloys
J. dent. Res. 40, 63 (1961)
5. CARTER, T. J.
KIDD, I. N.
The precision casting of cobalt-chromium alloy. Part 1 ::
The influence of casting variables on dimensions and finish
Brit. dent. J. 118, 383 (1965)
6. CARTER, T. J.
KIDD, I. N.
The precision casting of cobalt-chromium alloy. Part 2:
The influence of casting variables on microstructure
an mechanical properties
Brit. dent. J. 118, 431 (1965)

7. ZUSAMMENFASSUNG

Unter Bedingungen, wie sie in Dentallaboratorien herrschen, wurde die Veränderung der chemischen Zusammensetzung und des mikroskopischen Metallgefüges einer dentalen Kobalt-Chrom-Legierung (Wironit) bei dreißigfachem Wiederverguß und zwei Gußverfahren untersucht.

Beim Acetylen-Sauerstoff-Verfahren konnte eine gravierende Veränderung der chemischen Zusammensetzung festgestellt werden, die bereits nach dem ersten Guß nicht mehr den Anforderungen der DIN 13912 (8) entspricht.

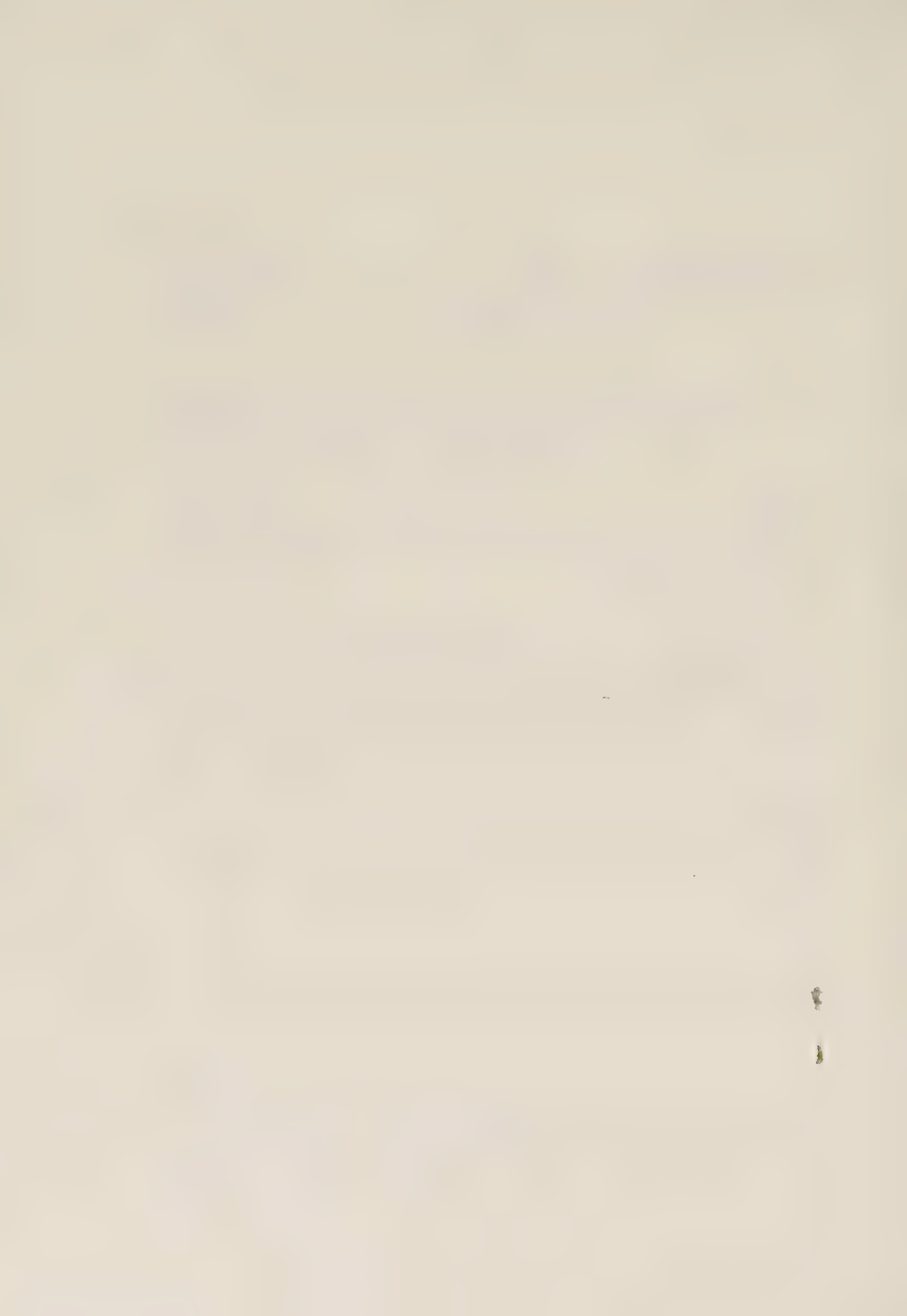
Die Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung beim Hochfrequenz-Induktions-Verfahren sind nicht so umfangreich und erfüllen die Anforderungen der DIN 13912 (8) nur bis zum 5. Guß.

Bei beiden Verfahren kommt es zu einer deutlichen Veränderung des mikroskopischen Metallgefüges, was eine Veränderung der Korrosionsbeständigkeit zur Folge haben dürfte.

7. DIERGARTEN, H.
Gefügerichtreihen im Dienste der Werkstoffprüfung
in der stahlverarbeitenden Industrie
Düsseldorf 1951, S. 13
8. Deutscher Normenausschuß DIN 13 912 : Gußlegierungen auf
(DNA) Kobalt-Chrom-Basis
Beuth Verlag Berlin u. Köln 1974
9. EBERSBACH, W.
GEHRE, G.
LECKERT, K.
Struktur und mechanische Eigenschaften von Chrom-
Kobalt-Legierungen in Abhängigkeit von der
Abkühlungsgeschwindigkeit des Gußblocks
Dtsch. Stomat. 19, 338 (1969)
10. ELBRECHT, H.-J. in K. Eichner
Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe und ihre Verarbeitung
Berlin 1967, S. 223
11. HARCOURT, H. J.
An investigation into oxy-acetylen melting of chrome-cobalt
and its effects on surface texture and homogeneity in
casting
Brit. dent. J. 108, 139 (1960)
12. HARCOURT, H. J.
The remelting of cobalt-chromium alloys
Brit. dent. J. 112, 198 (1962)

13. HARCOURT, H. J.
The effect of variation in cooling rates and heat-treatment on cobalt-chromium alloys
Brit. dent. J. 116, 475 (1964)
14. HARCOURT, H. J.
COTTERILL, W. F.
Induction melting of cobalt-chromium alloys.
A comparison with flame melting
Brit. dent. J. 118, 323 (1965)
15. HOUDREMONT, E.
Handbuch der Sonderstahlkunde
Berlin 1956, S. 1338
16. KRÜTZFELD, R.
Die Festigkeit von Kobalt-Chrom-Legierungen
nach wiederholtem Verguß
Med. Diss. Mainz 1973
17. LANE, J. R.
A survey of dental alloys
J. Amer. dent. Ass. 39, 414 (1949)
18. MARX, H.
Zur Wiederverwendbarkeit dentaler Kobalt-Chrom-Legierungen
Dtsch. zahnärztl. Z. 11, 1974 S. 1012
19. QUINQUE, J.
Die Struktur einer Kobalt-Chrom-Molybdän-Legierung
in Abhängigkeit von der Gußmethode
Med. Diss. Halle-Wittenberg 1955 S 21 S. 18

20. RAPATZ, F.
Die Edelstähle
Berlin 1962, S. 866 S. 333
21. REHM, H.
Über die Verwendungsmöglichkeit des Vitalliums
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 39, 783 (1936)
22. SCHRÖDER, A.
Ätzheft
Verfahren zur Schliffherstellung und Gefügeentwicklung
für die Metallographie
Berlin 1957, S. 22
23. STÖCKINGER, H.
Die Härte von Kobalt-Chrom-Legierungen nach wiederholtem
Verguß
Med. Diss. Mainz 1970
24. WEIKART, P.
Werkstoffkunde für Zahnärzte
München 1966, S. 13



Herrn Professor Dr. H. Marx möchte ich an dieser Stelle für seine wertvollen Anregungen und seine Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit meinen Dank aussprechen.



Lebenslauf

26. 2. 1949 Geburt als zweiter Sohn des Kaufmanns
Franz Walter und seiner Ehefrau
Susanne, geb. Moritz in Bingen/Rhein
- Ostern 1955 Eintritt in die Grundschule in Bingen-
Büdesheim
- Ostern 1960 Eintritt in das Staatliche Stefan-George-
Gymnasium in Bingen
19. 6. 1969 Abitur im mathematisch-naturwissenschaft-
lichen Zweig
- WS 1969/70 Beginn des Studiums in Mathematik, Physik,
Chemie an der Johannes-Gutenberg-Universität
in Mainz
- WS 1970/71 Beginn des Studiums der Zahnheilkunde an
der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz
18. 3. 1971 Naturwissenschaftliche Vorprüfung
28. 3. 1973 Zahnärztliche Vorprüfung
- 27.10. 1975 Zahnärztliche Prüfung an der Johannes-
Gutenberg-Universität in Mainz
- 28.10. 1975 Bestallung als Zahnarzt
- 3.11.1975 Stabsarzt bei der Bundeswehr im Jabo-
Geschwader 33 in Cochem-Brauheck

